



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



OGEE TİPİ YAN SAVAKLARIN SAVAK
KAPASİTESİNİN DENEYSEL OLARAK
İNCELENMESİ

Halil KULA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği

OCAK-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Halil KULA tarafından hazırlanan “**Ogee Tipi Yan Savakların Savak Kapasitesinin Deneyssel Olarak İncelenmesi**” adlı tez çalışması 09/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Unvanı Adı SOYADI
(Üniversitesi)

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS
Aksaray Üniversitesi

Danışman

Unvanı Adı SOYADI
(Üniversitesi)

Doç. Dr. Alpaslan YARAR
Konya Teknik Üniversitesi

Üye

Unvanı Adı SOYADI
(Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Ali YILDIZ
Konya Teknik Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması tarafından nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Halil KULA

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OGEE TİPİ YAN SAVAKLARIN SAVAK KAPASİTESİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Halil KULA

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Alpaslan YARAR

2025, 52 Sayfa

Jüri

**Doç. Dr. Alpaslan YARAR
Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS
Dr. Öğr. Üyesi Ali YILDIZ**

Yan savaklar, kanallardaki taşkınların önüne geçebilmek amacıyla fazla suyun yan kanallarla deşarj edilmesi, suyun belli bir miktarının başka bir yere yönlendirilmesi, ana kanallardaki suyun seviyesinin ve debinin kontrol edilmesi amacıyla ana kanala paralel veya belirli açılarla yerleştirilen yapılardır. Ogee tipi savak yapıları biriktirme yapılarının en önemli kısımları arasındadır. Herhangi bir olası taşkın durumunda yapının güvenliğini sağlamak, taşkın sularını kontrollü veya kontrolsüz bir şekilde aktarabilmek için savak yapıları gereklidir. Bu çalışmada biriktirme yapılarının güvenliğini sağlamak için dolusavak olarak kullanılan Ogee tipi savakların yan savak olarak kullanılması durumunda savaklama kapasitesinin deneysel olarak araştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca Ogee profiline sahip yan savak için bir debi katsayısı denklemi elde edilmiş ve bu denklem sonucunda hesaplanan değerler ile ölçüm sonuçları karşılaştırılarak denklemin geçerliliği irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Ogee tipi yan savakların keskin kenarlı savaklara göre daha iyi bir savaklama performansına sahip olduğu ve elde edilen savak katsayısı ile savaklanan debilerin hesabının oldukça güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Açık Kanal, Boyut Analizi, Deneysel Analiz, Ogee Tipi Savak, Yan Savak.

ABSTRACT

MS THESIS

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DISCHARGE CAPACITY OF OGEE TYPE SIDE WEIRS

Halil KULA

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Assoc. Prof. Alpaslan YARAR, PhD

2025, 52 Pages

Jury

Assoc. Prof. Alpaslan YARAR, PhD

Prof. Mehmet Ali HINIS, PhD

Assist. Prof. Ali YILDIZ, PhD

Side weirs are structures placed parallel to the main channel or at certain angles in order to discharge excess water through side channels to prevent floods in the channels, to direct a certain amount of water to another place, and to control the level and flow rate of water in the main channels. Ogee type weir structures are among the most important parts of the accumulation structures. Weir structures are necessary to ensure the safety of the structure in case of any possible flood and to transfer the flood waters in a controlled or uncontrolled manner. In this study, it is aimed to experimentally investigate the sluice capacity of Ogee type weirs used as spillways in order to ensure the safety of the accumulation structures when they are used as side weirs. In addition, a flow coefficient equation was obtained for the side weir with Ogee profile and the validity of the equation was examined by comparing the values calculated as a result of this equation with the measurement results. According to the obtained results, it was seen that Ogee type side weirs have a better sluice performance compared to sharp-crested weirs and the calculation of the sluice flows with the obtained weir coefficient gave quite reliable results.

Keywords: Open Channel, Dimensional Analysis, Experimental Analysis, Ogee Type Weir, Side Weir.

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, değerli bilgileri ile akademik bakış açısı kazanmamı sağlayan ve çalışma boyunca desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışmanım Sayın Doç. Dr. Alparslan YARAR'a, sevgi, ilgi ve değerli yönlendirmeleri ile hep yanımda olan biricik eşime, yaşamımın ilk gününden bugüne kadar bana emek veren sevgili aileme ve bu süreçte büyük desteği olan Daire Başkanım Yüksek İnşaat Mühendisi Sayın Yasin ÖZKAYA'ya teşekkür ederim.

Halil KULA
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Yan Savaklar	11
3.2. Ogee Tipi Savaklar	13
3.3. Deneysel Düzenek	16
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	20
4.1. Deneysel Sonuçlar	20
4.2. Savak Katsayısının Belirlenmesi	25
4.2.1. Boyut Analizi	25
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	28
5.1 Sonuçlar	28
5.2 Öneriler	28
KAYNAKLAR	29
EKLER	32

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

y_1 = Yan savak membasında ana kanal eksenindeki su derinliğini

y_2 =Yan savak mansabında ana kanal eksenindeki su derinliğini

y =Herhangi bir kesitteki su derinliğini

Q_T =Ana kanaldaki debiyi

Q =Yan savaktan savaklanan debiyi

V_1 =Yan savak membasında ortalama akım hızını

B =Ana kanal genişliğini

b =Yan savak açıklığını

P =Yan savak kret yüksekliğini

x =Yan savağın herhangi bir noktasının yan savak başlangıcına olan mesafe

ρ = Suyun Yoğunluğu

g = Yerçekimi ivmesi

S_0 = Kanal eğimi

C = Savak katsayısı

E = Enerji

Fr = Froude sayısı

Kısaltmalar

ADV = Akustik hız ölçüm aleti

RMSE = Root mean squared error

1. GİRİŞ

Su zamansal ve mekânsal olarak dağılımı düzensiz olan ve insan hayatı için en önemli doğal kaynaktır. İnsanlık tarihi boyunca sudan en verimli şekilde yararlanmak için suya yakın bölgelere yerleşim yerleri kurulmuştur. Ayrıca suyu kontrol etmek insanlık tarihi boyunca hep ön planda olmuş ve bu bağlamda çeşitli yapılar inşa edilmiştir. Gerekli zamanlarda su temini sağlamak için gerekli olan yapıların yanında, fazla suyun oluşturabileceği tehlikelerin önüne geçebilmek amacıyla bir takım hidrolik yapılara ihtiyaç duyulmuştur. Barajlar, sulama kanalları, taşkın kanalları vb. yapılar suyu kontrol etmek için yıllar boyunca kullanılmıştır. Bu yapıların inşa edilmesi ve kullanılması ülkelerin ekonomik, tarımsal ve sosyal bakımdan kalkınmasında büyük rol oynamaktadır. Hidrolik yapıların kapasiteleri belli olup bu kapasitelerin aşılması için hidrolik yapılardan suyu başka bir hidrolik yapı ile uzaklaştırılması gerekmektedir. Savaklar bu amaca hizmet etmek için yapılan yapıların genel adı olarak karşımıza çıkmaktadır. Barajlarda risk oluşturabilecek miktardaki su dolu savak ve dip savaklarla uzaklaştırılabilirken, kanallarda bu durum yan savaklar aracılığı ile sağlanabilmektedir.

Son yıllarda iklim değişikliği ve küresel ısınmadan kaynaklı yağış rejimlerinin düzensizleşmesinden dolayı taşkın oluşma olasılığı oldukça yüksele seviyeye gelmiştir. Yağış miktarlarındaki artıştan dolayı barajlardaki taşkın yapılarının deşarj kapasitesinin artırılması bağlamında birçok mühendislik tasarımları yapılmaktadır. Taşkın kanallarının deşarj kapasitesinin artırılması da bu mühendislik hesaplarından birdir. Kanallardaki suyun debisini ve seviyesini güvenli düzeyde tutmak ve kontrol altına almak için ana kanallara bağlı yan kanallar yapılarak olası taşkın risklerinin önüne geçilmekte ve suyun gerekirse tarımsal alanlarda kullanılması hedeflenmektedir.

Herhangi bir kanaldaki olası taşkın risklerinin önüne geçilmesi, suyun belli bir miktarının başka bir yere yönlendirilmesi, ana kanallardaki suyun seviyesinin ve debinin kontrol edilmesi amacıyla ana kanala paralel veya belirli açılarla konulan savaklara yan savak denilmektedir.

Yan savaklar birden farklı tip kesitler ile inşa edilmektedir. Kullanılan yan savakları dikdörtgen tip, üçgen, trapez, labirent, dairesel, piyano tuşu tipi olarak tanımlayabiliriz.

Baraj dolu savaklarında ve regülatör yapılarında sıklıkla kullanılan Ogee tipi savaklar yüksek güvenlik faktörü, işlevsel uygunluğu, sel suyu kontrol kapasitesi gibi etkenler, tercih edilmelerinin en önemli unsurları arasındadır. Ogee tipi savaklar

tasarlanırken keskin kenarlı bir savak üzerinden akan suyun aldığı şekle göre şekillendirilirler. Bu nedenle Ogee tipi savaklar neredeyse maksimum verimliliğe sahiptir.

Bu tez çalışmasındaki temel amaç, dolu savak olarak tercih edilen Ogee tipi savakların yan savak olarak kullanılması durumunda deşarj kapasitelerinin deneysel olarak araştırılmasıdır. Bu amaçla farklı savak genişliklerine ve yüksekliklerine sahip Ogee tipi yan savaklar kullanılarak farklı debi değerlerinde çeşitli noktalarda seviye ölçümleri yapılmış, deşarj debileri belirlenmiş ve aynı özelliklere sahip keskin kenarlı savaklarda ölçülen ve belirlenen değerlerle kıyaslaması yapılmıştır. Ayrıca elde edilen değerler varlığında Ogee tipi yan savaklarda deşarj debisinin hesabında kullanılmak üzere bir savak katsayısı denklemi elde edilmesi amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yan savaklar ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Kartal ve Emiroglu (2024), yaptıkları çalışmada; bir savak ve bir kapağın birleşimine birleşik savak yapısı adı vermiş ve çalışmada birleşik yan savak yapısının, hidrolik davranışını sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. Bulgular, birleşik akış ve savak kapağı geometrisi özelliklerinin yan savak kapağının deşarj kapasitesi üzerindeki etkisini araştırmak için değerlendirmişlerdir. Otuz üç sayısal simülasyon gerçekleştirmişlerdir. Sayısal simülasyonları, k - ϵ türbülans modeli ve Flow-3D kullanarak, Reynolds ortalımalı Navier-Stokes (RANS) denklemlerine Akışkan Hacmi (VOF) yöntemi uygulayarak gerçekleştirmişlerdir. Model, yazarlar tarafından daha önce elde edilen deneysel verilere göre doğrulanmıştır. Farklı modeller kullanılarak deşarj katsayısını analiz etmek için seksen sekiz deney yapmışlardır. Bu deneyler sonucunda elde edilen bulgular ise dikdörtgen savak ve kapak kesitli modellerin, üçgen ve yarım daire kapaklı modellere göre, yarım daire kapaklı modellerin ise üçgen kapaklı modellere göre daha yüksek deşarj kapasitesine sahip olduğunu göstermişlerdir. Sayısal ve deneysel sonuçların, Mutlak Yüzde Hatası (APE), Ortalama Karekök Hatası (RMSE), Dağılım İndeksi (SI) ve Belirleme Katsayısı (R^2) sırasıyla %4,11, %0,30 ve %0,10, 0,99'dur. Sonuçlar, deneysel ve sayısal bulguların ve deşarj kapasitesinin tutarlı olduğunu göstermiştir.

Kartal ve Emiroglu (2022), yapmış oldukları bir diğer çalışmada, yan savaktaki akış karakterlerinin (yan savağın kesiti boyunca akış koşullarındaki değişiklikler nedeniyle) karmaşık olduğunu belirtmişlerdir. Hem baraj hem de kanallardaki yan savakların akış karakterlerinin deneysel olarak incelenmesi gerektiğini belirterek bu inceleme sonucunda yan savaktaki akışı tahmin etmenin önemli olduğunu vurgulamışlardır. Yan savakların akış karakterlerini belirlemek amacıyla 650 laboratuvar testi yürütmüşler ve deneysel sonuçları, bu özelliklerin ve savak geometrisinin deşarj kapasitesi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla analiz etmişlerdir. Birleşik yan savak-kapak etkileşim faktörü, akış yukarısındaki Froude sayısının, kapak açıklığının akış yukarısındaki akış derinliğine oranının, kapak tepesi ile kapak sırtı arasındaki mesafenin kapak açıklığına oranının, kapak ve kapak uzunluğunun akış yukarısındaki akış derinliğine oranının ve kapak ve kapak uzunluğunun ana kanal genişliğine oranının bir fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, yan savak ve kapaklarla karşılaştırıldığında birleşik yan savaktan daha fazla debi geçtiğini gözlemlemişlerdir.

Birleşik yan savak debisi için olarak türettikleri denklemlerin, deneysel verilerle iyi bir uyum gösterdiğini ortaya koymuşlardır

Haghshenas ve Vatankhah, (2021), yaptıkları çalışmada; ana kanal boyunca yarı dairesel düşey kesitli yan savakların hidrolik performansına ilişkin deneysel bir çalışma ele almışlardır. Ana kanalın akış derinliği arttıkça, yarım daire şeklindeki yan savağın (SCSW) üst akış genişliği de artar. Bu durum yüksek deşarjın ana kanala girdiğindeki bir avantajdır ve güvenlik nedeni ile derhal yönlendirilmesi gerektiğini belirterek, yarım daire şeklindeki keskin kenarlı savakların akış debisi ve buna etki eden parametreler incelemişlerdir. SCSW'lerin hidrolik davranışını ve geometrik özelliklerini araştırmak için kritik altı akış koşulları altında, fiziksel bir modelde, 155 testi (0,25, 0,30 ve 0,40 m'lik üç savak çapı için) içeren kapsamlı bir laboratuvar çalışması yürütmüşlerdir. SCSW'nin akış debisi, yan savağın yüksekliği, çapı ve akış yüksekliği ile ayrıca Froude sayısına (yan savağın memba ucundaki Froude sayısı) ve ana kanal genişliğine bağlı olarak araştırmışlardır. Üç farklı deşarj modeli temel alınarak geliştirmişlerdir ve bu modeller; saf boyutlu analiz tekniği, doğrusal su yüzeyli klasik savak denklemi ve yatay su yüzeyi profilili klasik savak denklemi (boyutsal analiz tekniği ile birlikte geleneksel savak teorisi) dir. Sunulan matematiksel deşarj modelleri, kritik altı akış koşulları altında ölçülen verilerle karşılaştırıldığında, SCSW boyunca deşarjın kabul edilebilir bir doğrulukla tahmin edilmesini sağlamışlardır (en iyi model, maksimum %6,31 hata ile ortalama %1,87 hataya sahiptir). Ek olarak, SCSW'nin mansap ucundaki sınırlayıcı akış derinliğini hesaplamak için bir ilişki önerilmiş ve deneysel sonuçlar; önerilen ilişkinin, aşağı akış koşullarına ilişkin SCSW üzerindeki akışın davranışını iyi açıkladığını doğrulamaktadır.

Saffar ve diğ., (2021), yan savaklar için değişken olarak; baraj uzunluğu, baraj yüksekliği, yakınsama açısı ve yan kanal genişliği gibi parametreleri göz önünde bulundurarak, yan savaklardaki debiyi tahmin etmek için 248 deney gerçekleştirmişlerdir. Bununla beraber yan savaklardaki debiyi tahmin etmek için üç yapay sinir ağı modeli de kullanmışlardır. Modeli MATLAB kullanılarak oluşturmuş ve modelin geometrik ve hidrolik oranları olan boyutsal olmayan değişkenler, giriş parametreleri olarak seçmişlerdir. Yaptıkları çalışmaların sonucunda ise modelin yan savaklardaki taşma debisinin %99,8 doğruluk payı taşıdığı görmüşlerdir

Dursun ve diğ., (2012), yaptıkları çalışmada, savakların kapasitesinin eşik uzunlukları ile değişimini belirlemek için yarı eliptik labirent tipi savak kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada, kanalın genişliğinin daralması ve savaktan belirli bir debinin

geçmesi gerektiği durumlarda labirent tipi savakların avantaj sağlayacağını belirtmişlerdir. Bu çalışmada, yarı eliptik yan savakların deşarj kapasitesini Adaptif Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) kullanarak bulmuşlardır. Yarı eliptik labirent yan savağın, debi katsayısını belirlemek için laboratuvarında 675 adet çalışma yapmışlardır. ANFIS modelinin performansını, performans değerlendirme parametrelerine dayalı, Çoklu Doğrusal Regresyon (MLR) ve Doğrusal Olmayan Regresyon (NLR) modelleri ile karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda, ANFIS tekniğinin debi katsayısının modellenmesinde başarı ile kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Emiroglu ve diğ., (2011), düz bir kanalda dikdörtgen tip bir yan savağın debi katsayısını belirlemek için 843 adet laboratuvar çalışması yapmışlardır. Yapılan çalışmalarda, dikdörtgen tip keskin kenarlı yan savağın deşarj kapasitesi için tüm boyut değerleri dikkate alınarak bir denklem ortaya koymuşlardır. Ortaya çıkan bu denklemi, daha önce çalışması yapılmış on adet debi katsayısı denklemi ile karşılaştırmışlar ve denklemin ortalama hatasının %4,54 olduğunu görmüşlerdir.

Zahiri ve diğ., (2013), yaptıkları çalışmada, birleşik dikdörtgen tip keskin kenarlı savağın debi katsayısının belirlenmesi için bir denklem ortaya koymuşlardır. Literatürde dikdörtgen tip keskin kenarlı savağın debi katsayısı ile ilgili birçok çalışmanın olduğunu belirterek birleşik yan savakların debi katsayısının belirlenmesi için bu çalışmayı yapmışlardır. Çalışmadaki deneyleri, değişken yükseklikte ve genişlikteki yan savaklar üzerinde yapmışlardır. Yapılan deneylerde; birleşik yan savağın debi katsayısının, akış üzerindeki Froude sayısının (Fr_1), savağın ağırlıklı tepe yüksekliğinin akış üzerindeki su derinliğine oranının ve savak uzunluğunun akış üzerindeki su derinliğine oranının (L/y_1) bir fonksiyonu olduğu belirlemişlerdir. Deneysel veriler ve regresyon modellemesine dayanarak birleşik yan savakların, debi katsayısı için bir denklem geliştirmişler ve deşarj debisi için bir denklem ortaya koymuşlardır. Geliştirilen denklem sonuçları ve deneysel verileri karşılaştırmışlardır. Debi denkleminin ortalama hatası % -2,3 ve maksimum bağıl hatasının %10,7 olduğu gözlemlenmiştir.

Maranzoni ve diğ., (2017), yaptıkları çalışmada, suyun akış yönündeki doğrusal azalan bir kanala yerleştirdikleri kısa tepeli yan savakların debisini incelemişlerdir. Savağın verimliliğini belirlemek için kullandıkları önemli parametreler; Froude sayısı ve savak yüksekliğidir. Yaptıkları çalışmada, sayısal sonuçlar ve deneylerden elde ettikleri veriler karşılaştırıldığında, klasik tek boyutlu modelleme yaklaşımının, prizmatik olmayan kanallardaki yan savakların deşarj kapasiteleri için yeterli sonuçlar gösterdiği belirlemişlerdir.

Aghayari ve diğ., (2009), yaptıkları çalışmada, yan savak üzerindeki debiyi tahmin etmek için savağın debi katsayısının bilinmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Deneysel olarak yaptıkları bu çalışmada, kritik akış seviyesinin altında fiziksel bir model üzerinde, 240 adet deney yaparak detaylı bir inceleme yapmışlardır. Yan savaklar için debi katsayısının değişimini etkileyen parametreleri incelediklerinde; yan savak genişliği, yan savak uzunluğu ve yan savak eğimi olduğu görmüşlerdir. Yaptıkları çalışmada, debi katsayısının hesaplanmasında matematiksel model sunmuşlardır. Sundukları bu matematiksel modeli, kritik altı akımlarda ölçülen verilerle karşılaştırdıklarında, debi katsayılarını doğru tahmin ettiğini görmüşlerdir. Ayrıca hesapladıkları modeli, genel olarak kullanılan debi katsayı modelleri ile karşılaştırdıklarında nispeten doğru debi katsayıları bulunduğunu belirlemişlerdir

Emiroğlu ve diğ., (2010), labirent tip yan savaklar üzerine bir çalışma yapmışlardır. Labirent tip yan savakların deşarj kapasitesini artırabilecek hidrolik etkileri araştırmışlardır. Labirent tip yan savakların debi katsayısının belirlenmesi amacıyla 2830 adet deney yapmışlardır. Savak uzunluğu L/b , etkin uzunluk L/l , savak yüksekliği p/h , teta açısı içeren, üçgen labirent yan savak ve akış üzerindeki Forude sayısının debi katsayısı, su yüzey profili ve yan savak boyunca kanaldaki hızlar üzerindeki etkisini bulmak için analiz etmişlerdir. Yaptıkları araştırmalar sonucunda, yan savaklar içerisinde labirent yan savakların debi katsayısının, klasik savaklara göre daha fazla olduğu gözlemlenmişlerdir. Ayrıca labirent savaklar için doğruluğu yüksek bir denklem ortaya koymuşlardır. Labirent yan savakların, debi katsayısının dikdörtgen yan savağa göre 1,5 ile 4,5 kat daha yüksek olduğunu görmüşlerdir

Karimi ve diğ., (2019), yaptıkları çalışmada labirent tipi yan savakları hem simetrik hem de asimetrik olarak incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada yan savakların akış karakterleri ve debi katsayıları deneysel olarak ortaya koymuşlardır. Deney sonuçlarına göre asimetrik labirent yan savakların, simetrik yan savaklara göre debi katsayılarının daha yüksek olduğu görmüşlerdir. Laboratuvar çalışmalarında elde edilen veriler sonucunda ise hem asimetrik hem de simetrik labirent yan savaklar için denklemler önermişlerdir.

Aydin ve diğ., (2015), yaptıkları çalışmada sifon tipi yan savağı incelemişlerdir. Sifonlar barajlarda, bentlerde ve savaklarda kullanılabilen hidrolik yapılardır. Sifonun çalışma prensibi incelendiğinde, atmosfer basıncı suyu sifonun tepe noktasına iter ve ardında su sifonun çıkış kısmına doğru akar. Yaptıkları çalışmada yan savak olarak kullanılan sifonun, hidrodinamik özellikleri deneysel, teorik ve sayısal olarak

incelemişlerdir. Yan savak sifonunun deşarj kapasitesini belirlenen Froude sayıları için araştırmışlardır. Sonuç olarak, yan savak sifonunun deşarj kapasitesinin artan Froude sayısı ile birlikte hafifçe azaldığı gözlemlenmiştir.

Wang ve diğ., (2018), yaptıkları çalışmada, yan savakların Froude sayısı dağılımı, su profilleri, hız dağılımı ve debi katsayısı gibi yan savakların hidrolik özelliklerini incelemişlerdir. Flow-3D yazılımı ile değişken şartlar altında dört farklı tepe açısına sahip yan savaklar üzerinde deneyler yapmışlardır. Yaptıkları deneyler sonucu simüle edilen ve gözlenen su derinliklerinin %5,63'ün altında bir hata oranı olduğu görmüşlerdir.

Michelazzo, (2015) yaptığı çalışmada, sabit yatak ve alt kritik akış üzerinde etki eden sıfır yükseklikte bir tepeye sahip yan savağın hidrolik özelliklerini belirlemek amacı ile De Marchi'nin hipotezinden yola çıkarak yeni bir analitik model formül elde etmiştir. Analitik modelin, herhangi bir sayısal tekniğe ihtiyaç duymadan, literatürden ve yeni bir laboratuvar verisi kümesinden gelen deneysel verilerin, doğrudan tahmin etmek için kullanılabileceğini gözlemlemiştir.

Paris ve diğ., (2012) yaptıkları çalışmada, hareketli yataklar üzerindeki yan savakların durumu ile ilgili bir genelleme geliştirmişlerdir. Dökülen debi ile yatak morfodinamiği arasındaki etkileri ve geri bildirimleri gösteren deneyler yapmışlardır. Deneysel gözlemler sonucunda, genelleştirilmiş De Marchi hipotezinin hareketli yataklar üzerindeki yan savaklara uygulanabileceği görmüşlerdir. Yaptıkları çalışmadaki bulguların, bu yapıların tasarımı ve doğrulanması için etkili olabileceğini sunmuşlardır.

Říha ve Zachoval, (2014), yaptıkları araştırmada, çeşitli giriş ve taşma debi kombinasyonlarında düşük Froude sayılarında yan savağın akış koşullarını belirlemek için deneysel çalışmalar yapmışlardır. Farklı eğik açılara sahip üç yan savak çeşidi incelenmiştir. Yan savaktaki akış özelliklerini, hidrolik bir model üzerinde gerçekleştirilen kapsamlı ölçümlerden elde edilen sonuçlara dayanarak elde etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada eğiklik katsayısı, yan savak eğiklik açısı ve savağın yukarı-aşağı akışlarındaki, Froude sayıları arasında bir ilişki türetmişlerdir.

Yan savakların debi katsayısını belirlemek için birçok çalışma yürütülmüştür. Genel olarak kullanılan De Marchi yöntemi yan savak boyunca sabit özgül enerji varsayımı yaptığından yüzey denklemini ve deşarj katsayısını tanımlamak için uygulanabilmektedir. Ancak bu yöntemin deneysel ve teorik çalışmalarda kullanılması kolay değildir. Aydın, (2016), yaptıkları çalışmada dikdörtgen tip yan savakların deşarj kapasitesini belirleyen yarı analitik bir denklem sunmuşlardır. Bu yeni sunulan denklemin bulguları sayısal ve deneysel sonuçlarla tutarlı olduğu görülmüştür.

Yan savaklar ile ilgili yapılan çalışmalar genel olarak düz kanallar üzerinde yapılmaktadır. Coşar ve Agaccioglu, (2004), yaptıkları çalışmada, toplam 1735 adet deney yaparak hem düz hem de kavis boyunca keskin tepeli üçgen yan savakların debi katsayılarında inceleme yapmışlardır. Üçgen yan savakların debi katsayılarının kavis boyunca ana kanaldaki Froude sayısının, yan savağın tepe açısına ve kavis açısına bağlı olduğu görmüşlerdir. Kavisli bir kanalda, maksimum hızın yolu ve viraj tarafından oluşturulan ikincil akım, F ve L/b içinde yer alan yan savağa doğru çok daha büyük bir sapma açısına neden olmaktadır. Bu nedenle, kavis boyunca üçgen yan savakların debi katsayılarının düz kanalda elde edilen değerlerden daha büyük olduğu gözlemlenmiştir.

Yan savaklarla ilgili literatürdeki yapılan çalışmaların, genellikle farklı savak tiplerinin debi katsayılarının karşılaştırılması üzerine olduğu görülmektedir. Honar ve Keshavarzi, (2009), yaptıkları çalışmada ise farklı iki giriş tipine sahip yan savağın karşılaştırmasını yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada dikdörtgen kanallarda kritik altı koşulu altında yan savağın debi katsayısı üzerinde yuvarlak girişin etkisi incelemiştir. Çalışma kapsamında 90 adet laboratuvar testi gerçekleştirmiş ve sonuçları analiz ederek boyutsal olmayan hidrolik parametrelerin debi katsayısı üzerindeki etkisini bulmuşlardır. Kritik altı akış koşullarında yuvarlak kenarlı girişe sahip yan savağın, kare kenarlı girişe sahip olandan %10 daha fazla debi deşarj ettiğini gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, yaptıkları bu çalışma neticesinde eşit debiler için küçük boyutlardaki yuvarlak kenarlı girişe sahip yan savakların kullanılabileceğini kanıtlanmışlardır.

Vatankhah, (2012), yaptığı çalışmada yan savakların su yüzey profillerinin hesaplanması ve yan savaklar üzerindeki debi katsayılarının belirlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Yan savaklar üzerindeki çalışmaların çoğu dikdörtgen, trapez ve dairesel kanallarda gerçekleştirilmiştir. Literatürdeki çalışmalarda yan savak boyunca su yüzey profili için analitik çözüm, sabit özgül enerji varsayımı dikdörtgen kanallar için mevcuttur. Ancak üçgen kanallar için analitik bir çözümün mevcut olmadığı görülmüştür. Üçgen bir kanaldaki yan savak boyunca su yüzey profilini belirlemek için bir analitik çözüm sunmuştur. Akış profilinin dorudan hesaplanmasını sağlayan bu çözümün, üçgen kanallardaki yan savakların değerlendirilmesi ve tasarımı için kullanılabileceğini belirtmiştir.

Wang ve diğ., (2024), farklı genişlik ve yüksekliklere sahip dikdörtgen savaklarda deneysel araştırmalar yapmışlardır. Çalışmada debi katsayısı ile, Froude sayısı arasındaki ilişki ile yan savak yüksekliği ve genişliğinin akış üzerindeki su derinliğine oranını belirlemişlerdir. Debi katsayısı için boyut analizine dayalı bir formül türetmişlerdir. Ana

kanaldaki yan savakların, merkez hattı boyunca veya yan savaklardan uzakta olanlara kıyasla, yan savağa yakın su yüzeyi profillerinde önemli dalgalanmalar gözlemlemişlerdir; bu nedenle yan savağın giriş etkisinin, ana kanalın merkez hattına doğru yayılmadığını belirtmişlerdir. Çalışmada önerilen debi katsayısını belirlemek için kullanılan formül %10 bağıl hatalar göstermiş, böylece küçük kanallar ve saha girişleri için akış ölçümü gereksinimlerini karşıladığını görmüşlerdir.

Khorchani ve Blanpain, (2004), yan savakların bir diğer kullanım alanları olan kanalizasyon sistemleri üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Kanalizasyon sistemlerindeki hidrolik arızaların kaynağı genellikle ıslak hava koşullarıdır. Kanalizasyon sistemindeki yan savakların modellenmesi hem nicel hem de nitel açıdan oldukça zordur. Kanalizasyon sistemlerindeki yan savakların deşarjlarını hem mekânsal hem de zamansal heterojenliğini dijital kameralarla hesaba katabilen bir ölçüm sistemi üzerine çalışma yapmışlardır. Tam ölçekli bir deney ile yaklaşık 15 aylık bir sürede takip edilen görüntüleri analiz etmişlerdir. Görüntü işleme araçları ile yan savaklardaki yüzey profilinin belirlenmesi ve savak modellenmesi yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Ogee tipi dolu savak, keskin kenarlı bir savaktan su tahliye edildiğinde meydana gelen şekli alacak şekilde tasarlanmıştır. Ogee tipi dolusavak tasarımında su sınır tabaka ile etkileşimi olmadan kretin üzerinden akıcı bir şekilde akar ve dolusavaktan alınan verim maksimum seviyededir. (USBR, 1987).

Herrera-Granados ve Kostecki (2016), Güney Polonya'daki yeni Niedów barajı üzerindeki akışı iki boyutlu ve üç boyutlu simüle etmiştir. Olası yıkıcı durumlar için ogee dolusavağının debi tahliye kapasitesini araştırmıştır. Deneyler sürekli akışlar için dolusavağın tahliye kapasitesini güvenli bir şekilde karşıladığını kanıtlamıştır.

Kandaswamy ve Rouse, (1957), ogee üzerindeki debi ve debi katsayısının hesaplanması konusunda yaptığı çalışmada debi katsayısının doğru bir şekilde belirlemenin debinin doğru bir şekilde hesaplanmasında önemli bir etmen olduğunu belirtmiştir.

Choi ve Kim (2000), baraj mansabında ogee profilli savak üzerinden geçen akımın debisini, savak üzerindeki hız ve basınç dağılımlarını ve su yüzü profillerini sonlu elemanlar yöntemi kullanarak sayısal olarak hesap etmişlerdir. Çalışmaları sonucunda elde ettikleri verileri, USACE (U.S.Army Corps of Engineers) sonuçları ile karşılaştırmışlar, deneysel ve sayısal bulguların birbirleriyle oldukça uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir.

Salmasi ve Abraham, (2022), ogee tipi savakların deşarj kapasitesini etkileyen faktörler üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu faktörleri savak üzerindeki eğim, savak yüksekliği ve akış aşağısı batma olarak belirlemişlerdir. Çalışmada, ogee tipi savaklar için 18° , 33° ve 45° eğimde ve 3,5,7 ve 10 cm savak yüksekliğinde modeller üzerinde deneyler yapmışlardır. Sonuçlar olarak, tüm ogee savakları için deşarj katsayısının (C), artan P/He (P savak yüksekliği ve He savak tepesi üzerindeki yük) ile arttığını ve daha sonra sabit kaldığını göstermişlerdir. Ogee savakları üzerinde, sabit bir yük (He) için debi katsayısının; akış aşağısı, apron yüksekliği ve batıklığın artması ile azaldığını göstermişlerdir. Bağlı debi katsayısının başlangıçta artan hd/He (hd akış aşağısı yükü ile ogee savak tepesi arasındaki fark) ile sabit bir eğilim göstermekte ve daha sonra ise azalan bir eğilim göstermekte olduğunu belirtmişlerdir.

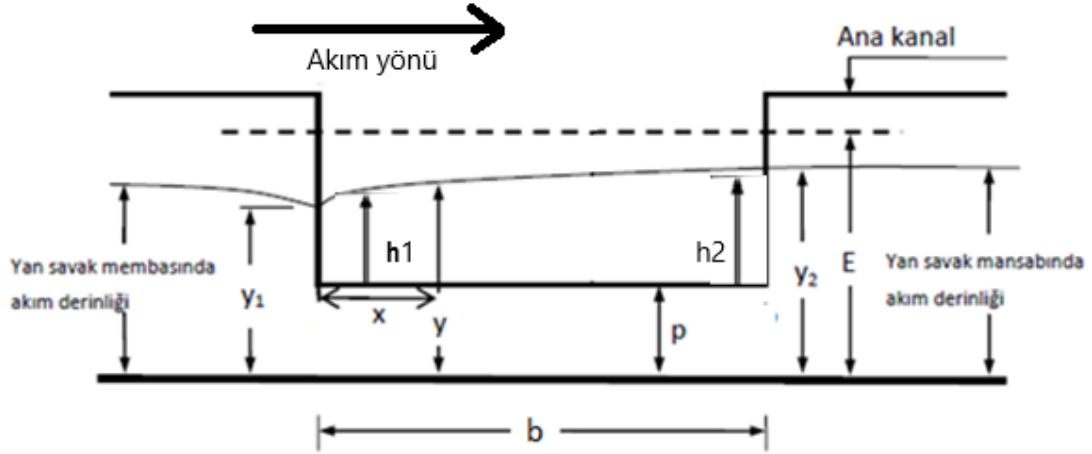


3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Yan Savaklar

Yan savaklar, kanallardaki taşkınların önüne geçebilmek amacıyla fazla suyun yan kanallarla deşarj edilmesi, suyun belli bir miktarının başka bir yere yönlendirilmesi, ana kanallardaki suyun seviyesinin ve debinin kontrol edilmesi amacıyla ana kanala paralel veya belirli açılarla yerleştirilen yapılan yapılardır.

Yan savak akımının kesiti Şekil 3.1.'de yer almaktadır. y_1 =Yan savak membasında ana kanal eksenindeki su derinliğini (m), y_2 =Yan savak mansabında ana kanal eksenindeki su derinliğini (m), y =Herhangi bir kesitteki su derinliğini (m), Q_T =Ana kanaldaki debiyi (m^3/s), Q =Yan savaktan savaklanan debiyi (m^3/s), B =Ana kanal genişliğini (m), b =Yan savak açıklığını (m), P = Yan savak kret yüksekliğini, x =Yan savağın herhangi bir noktasının yan savak başlangıcına olan mesafesini ifade etmektedir.



Şekil 3.1. Yan savak akımı

Yan savak sebebiyle azalan debiye sahip kanallarda savak üzerindeki akımın diferansiyel denklemi

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_e - \frac{Q}{g A^2} \frac{dQ}{dx}}{1 - Fr^2} \quad (3.1)$$

şeklindedir.

Yatay tabanlı dikdörtgen kesitli kanallar için $S_0 = S_e = 0$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-Q A \frac{dQ}{dx}}{g A^3 - Q^2 B} \quad (3.2)$$

halini almaktadır.

Birim boy debisi $\frac{dQ}{dx} = -C \sqrt{2g}(y-P)^{3/2}$ ve $Q = B y \sqrt{2g(E-P)}$ ifadeleri (3.2) de yerine konursa;

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2C}{B} \frac{\sqrt{(E-y)(y-P)^3}}{3y-2E} \quad (3.3)$$

olmaktadır.

Bu diferansiyel denklemin çözümü De Marchi, (1934) tarafından

$$x = \frac{B}{C} \varphi\left(\frac{y}{E}\right) + \text{sabit} \quad (3.4)$$

$$\varphi\left(\frac{y}{E}\right) = \left(\frac{2E-3P}{E-P}\right) \sqrt{\frac{E-P}{y-P}} - 3 \arcsin \sqrt{\frac{E-y}{E-P}} \quad (3.5)$$

ve

$$b = x_2 - x_1 = \frac{B}{C} \left[\varphi\left(\frac{y_2}{E}\right) - \varphi\left(\frac{y_1}{E}\right) \right] \quad (3.6)$$

şeklinde verilmiştir.

Yan savaklarda su yüzü profilleri farklı akım rejimlerinde değişmekte ve hız dağılımları düzensiz olmaktadır. Ayrıca savaklanma ile akım yönü arasında bir sapma söz konusu olmaktadır. Bu yüzden De Marchi formülünde bir düzeltme faktörü önerilmiştir (Çeçen, 1973).

Savağın girişi ve çıkışındaki savak yükleri h_1 ve h_2 olmak üzere

$$h = y - P$$

$$h_{ort} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Savaktan dökülen debi ise

$$Q = \frac{2}{3} C b \sqrt{2g} h_{ort}^{3/2} \quad (3.7)$$

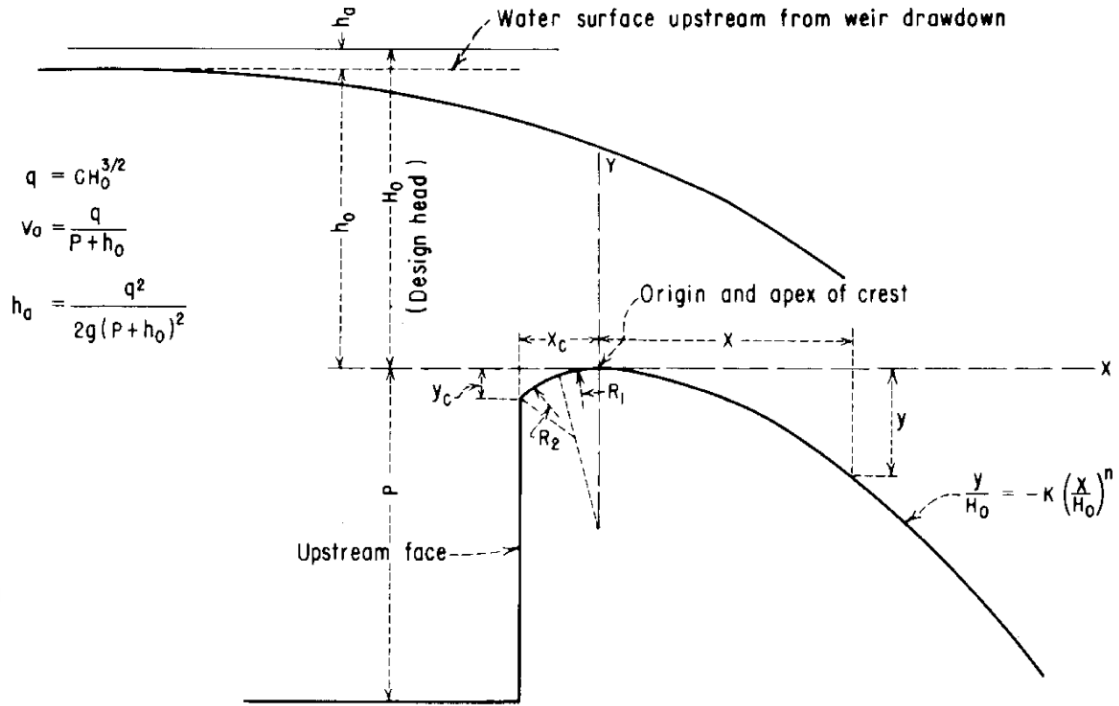
olmaktadır.

3.2. Ogee Tipi Savaklar

Dolusavak olarak kullanılan Ogee tipi savak yapıları biriktirme yapılarının en önemli kısımları arasındadır. Herhangi bir olası taşkın durumunda yapının güvenliğini sağlamak, taşkın sularını kontrollü veya kontrolsüz bir şekilde aktarabilmek için savak yapıları gereklidir. Yapıların zarar görmesini engellemek amacıyla savakların yeterli kapasitede tasarlanmaları büyük önem arz etmektedir. İnsanların güvenliği söz konusu olduğunda tasarım yapılırken oluşabilecek maksimum taşmayı göz önüne alarak savağın tasarımı yapılmalıdır.

Keskin kenarlı savak üzerinden akış aşağı yönde dökülen su yüksek hızlara ulaşarak pürüzsüz yüzeylere sahip olan bir ogee profil şeklini alır. Ogee kretli dolusavak, keskin kenarlı savak üzerindeki akımın alt napı aşağısında kalan kısmın beton ile doldurulmasıyla oluşturulur. Ogee tipi dolusavak uygun geometrisi sayesinde akım kret yüzeyine yapışarak daha verimli bir debi tahliyesi sağlar.

Ogee profili ve profil oluşturulması Şekil 3.2. de gösterilmiştir



Şekil 3.2. Ogee Savak profili (USBR, 1987)

Ogee profilinde koordinat eksenleri yapının kretinden geçer. Ordinat eksenini olarak verilen y 'nin solunda kalan kısım iki değişik yarıçapla çizilen bir eğridir. Sağda kalan ve napın gerçek şekli olması istenen kısmın ordinat değeri, apsis değerine bağlı olarak denklem (3.8) kullanılarak hesaplanır. Denklemdaki K ve n üst eğim ve yaklaşım hızına bağlı sabitleri, H_0 ise su yüzünü temsil etmektedir. Koordinatları belli olan bu noktalar birleştirilerek nap şekli elde edilir.

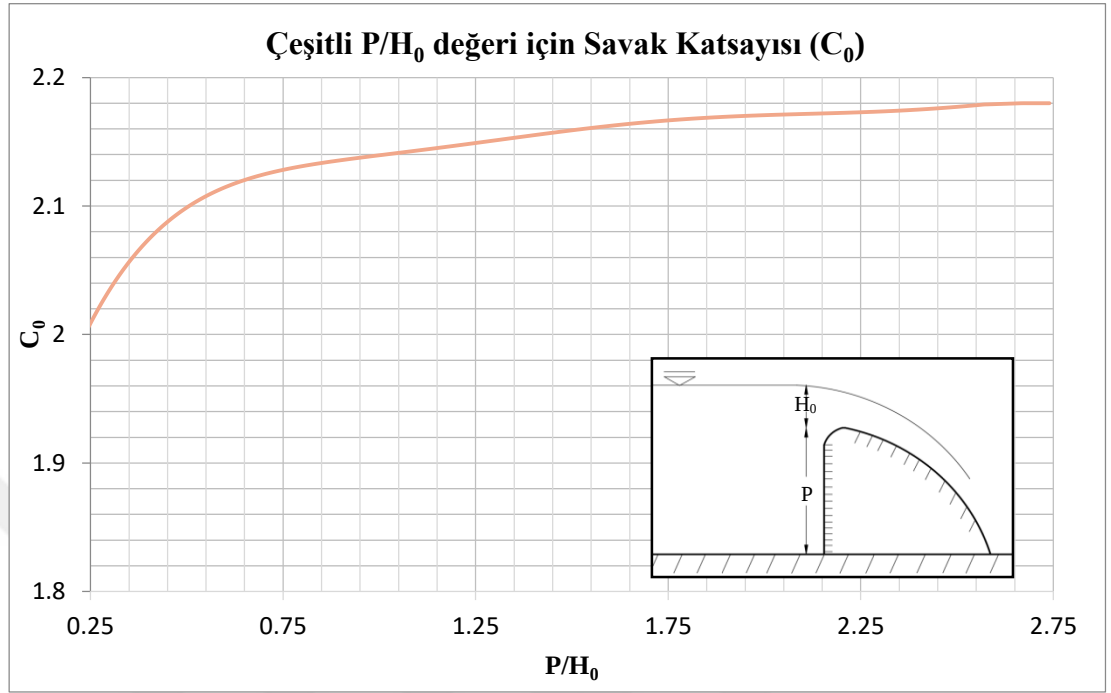
$$\frac{y}{H_0} = -K \left(\frac{x}{H_0} \right)^n \quad (3.8)$$

Ogee üzerindeki akış model formülü Denklem 3.9'de gösterildiği gibidir.

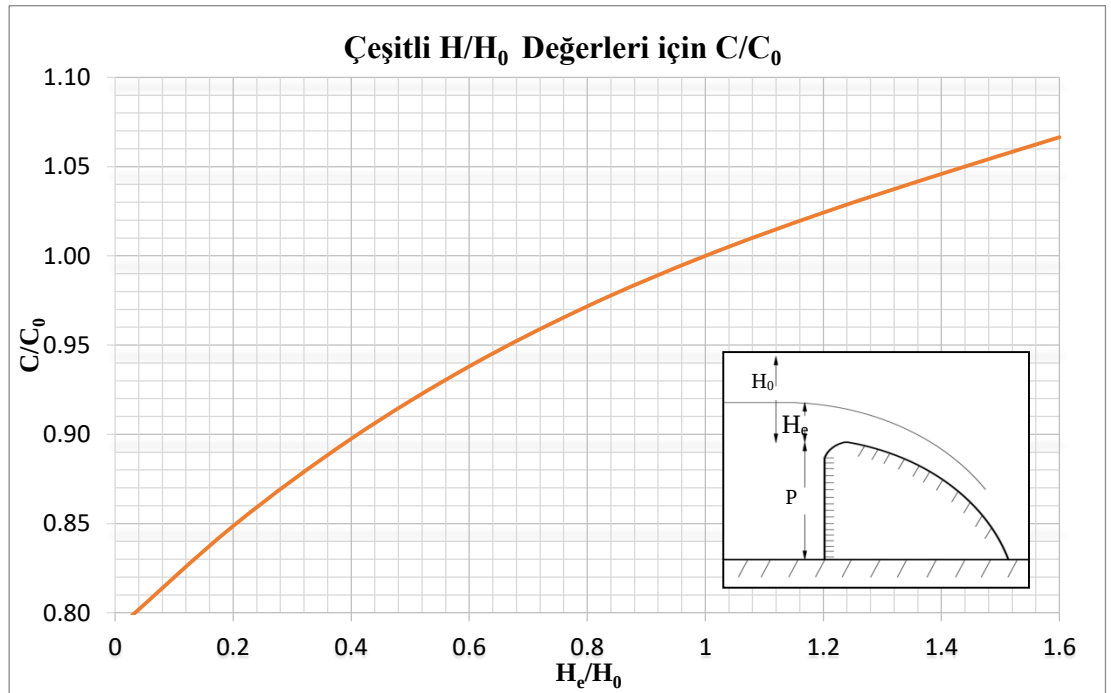
$$Q = CbH_e^{3/2} \quad (3.9)$$

Burada H_e savak üzerinde geçen toplam yükü ifade etmektedir. Bu denklemin kullanıldığı durumlarda, (C) debi katsayısının gerçek tepe şeklinin ideal nap biçimiyle olan ilişkisinden yaklaşıma derinliğinden, tepe noktasının memba ve mansap tarafının yüzey profilinden etkilenir. Serbest akım durumu için debi katsayılarını Şekil 3.3., Şekil

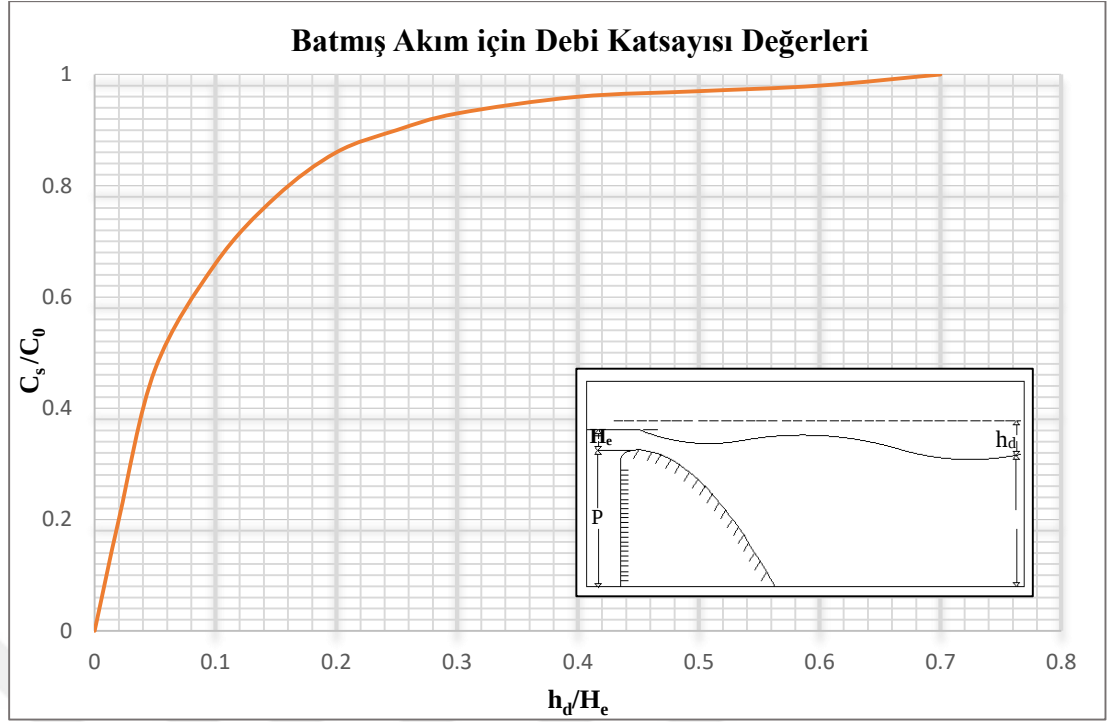
3.4.'den, mansap su derinliğinin bağlama tepe kotunu aşması durumunda oluşan batmış akım durumu için savak katsayısı Şekil 3.5. 'den belirlenebilmektedir.



Şekil 3.3. Ogee profili tasarım debisi için debi katsayısı (USBR 1987)



Şekil 3.4. Tasarım debisinden farklı debiler için debi katsayısı (USBR 1987)



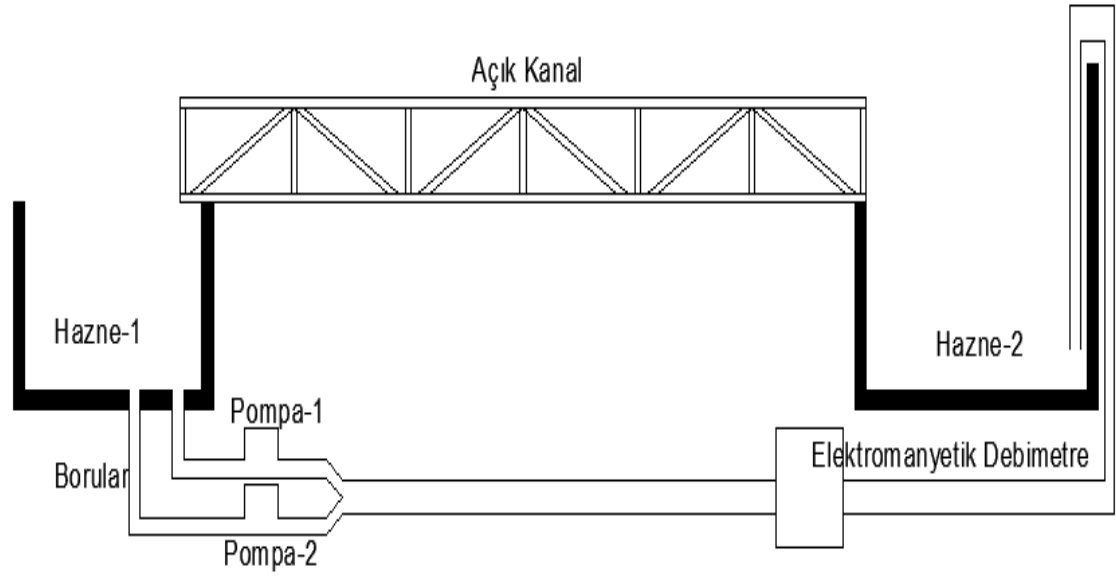
Şekil 3.5. Batmış akım için debi katsayısı (USBR 1987)

3.3. Deneysel Düzenek

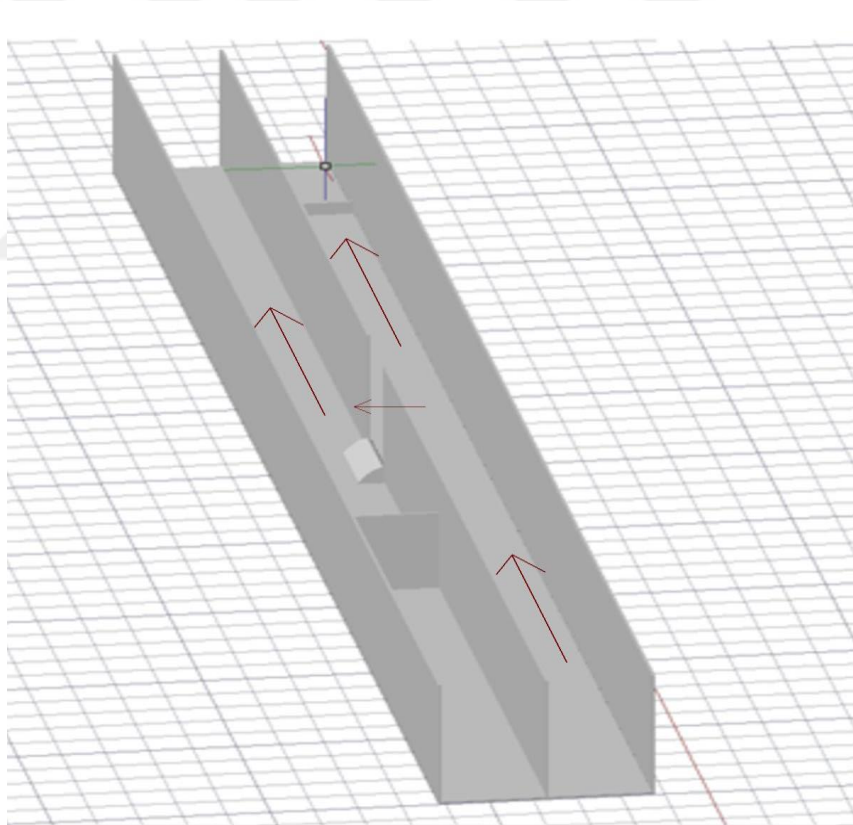
Deneysel çalışmalar, hidrolik yapıların tasarımında oldukça büyük bir öneme sahiptir. Laboratuvar ortamında küçük modeller üzerinde yapılan testler, tasarlanacak olan asıl yapının tasarımında önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmada Ogee tipi ve keskin kenarlı dikdörtgen tip yan savakların laboratuvar ortamında karşılaştırılması yapılmıştır. İki farklı tipte olan savakların fiziksel modellenmesi yapılmış, bu savaklardan savaklanan debiler belirlenmiş ve Ogee tipi yan savaklar için savak katsayısı denklemi elde edilerek ölçülen debi ve hesaplanan debi değerleri arasındaki tutarlılık araştırılmıştır.

Fiziksel model deneyleri Konya Teknik Üniversitesi hidrolik laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. 6,5 m uzunluğunda, 0,5 m derinliğinde ve 0,6 m genişliğinde olan çelik konstrüksiyon yapının üzerinde teşkil edilmiş lamine camdan imal edilen açık kanal sistemi, ana kanal $B = 0,3$ m genişliğine sahip olacak şekilde bir cam bölme ile ana kanal ve yan kanala ayrılmıştır (Şekil 3.6).



a



b

Şekil 3.6. a) Deney düzeneğinin şeması, b) Açık kanal sisteminin şeması

Birbirlerine boru sistemiyle bağı olan bir besleme ve bir toplama haznesine sahip olan açık kanal sisteminde debiler, frekans konvertörlü bir pano yardımı ile ayarlanabilen iki adet pompa yardımı ile ayarlanabilmektedir. Ana kanaldaki debilerin ölçümü elektromanyetik debimetre aracılığı ile yapılabilmektedir (Şekil 3.7.).



a



b

Şekil 3.7. a) Frekans değıştirci kontrol panosu, b) Elektromanyetik debimetre cihazı

Kanalı ana kanal ve yan kanal olarak ikiye ayıran cam bölme üzerinde savak yerleşimini sağlayabilmek üzere bir boşluk bırakılmıştır. Ana kanal üzerinde hız ölçümleri akustik hız ölçüm aleti (ADV) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kanalda ve savaklar üzerinde su seviyeleri bir limnimetre yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 3.8.).

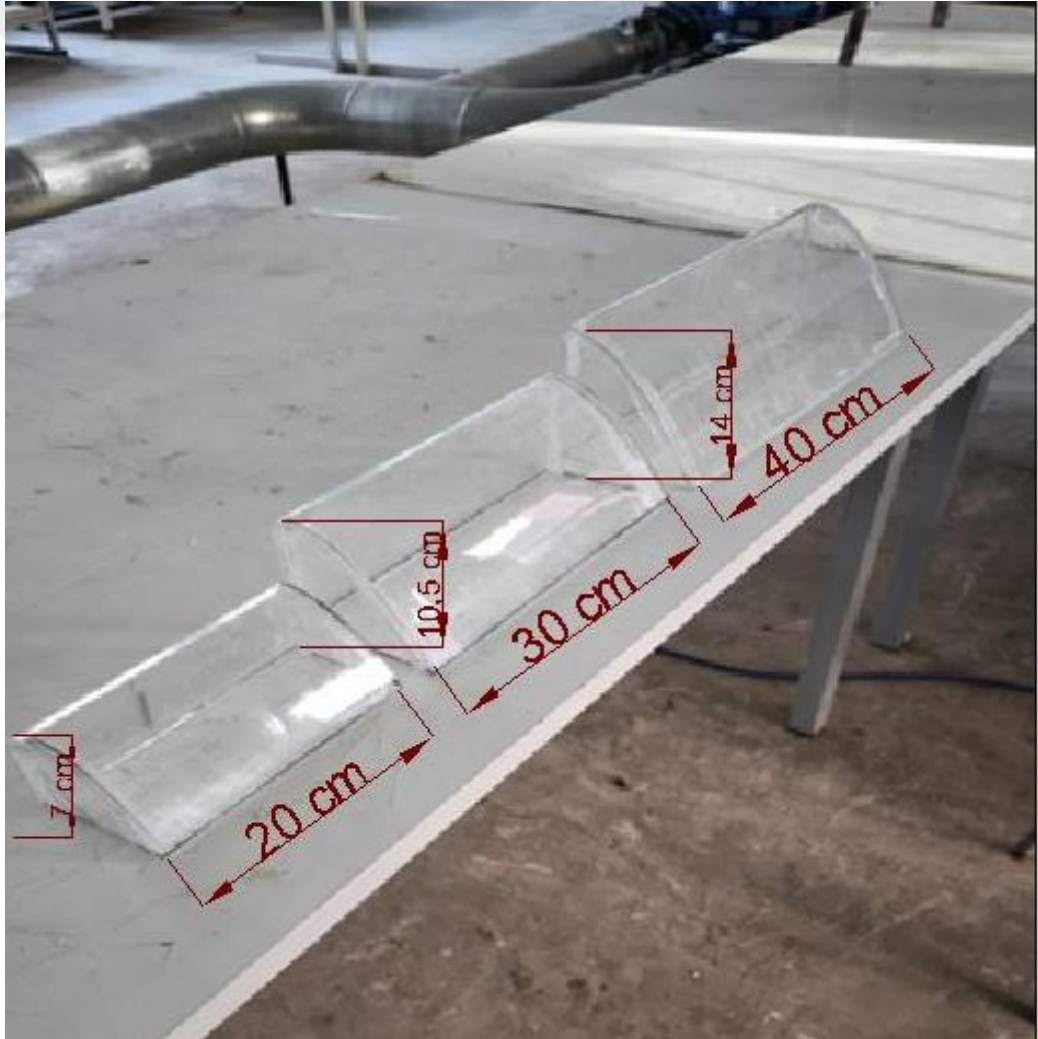


Şekil 3.8. Kanalda hız ve seviye ölçümleri (mansap tarafından görünüm)

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Deneysel Sonuçlar

Yapılan deneysel düzenek üzerinde keskin kenarlı dikdörtgen tip ve Ogee tipi iki farklı yan savak üzerinde çalışma yapılmıştır. Savaklar 7 cm, 10,5 cm ve 14 cm yükseklik ve 20 cm, 30 cm ve 40 cm uzunlukta olacak şekilde pleksigals malzemeden kesilerek ve etüvde ısıtılarak şekillendirilmiştir (Şekil 4.1.). Kanal üzerindeki cam ayırma bölmede bırakılan boşluğa savaklar yerleştirilerek üzerinden su savaklanmıştır. Savaklanan su, hacmi bilinen görünen ayrı bir haznede toplanmış ve süre tutularak yan kanaldaki debi hesaplanmıştır (Şekil 4.2.).

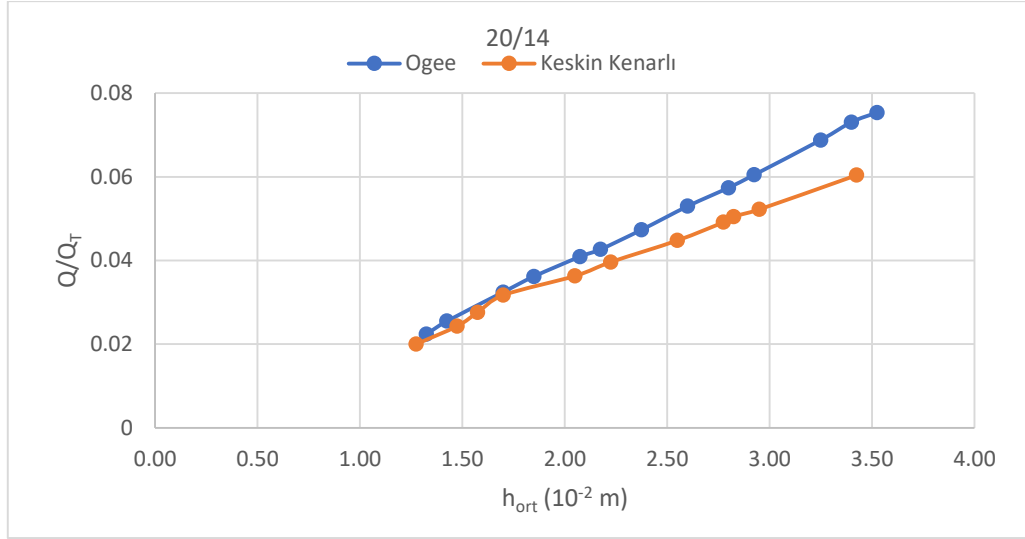
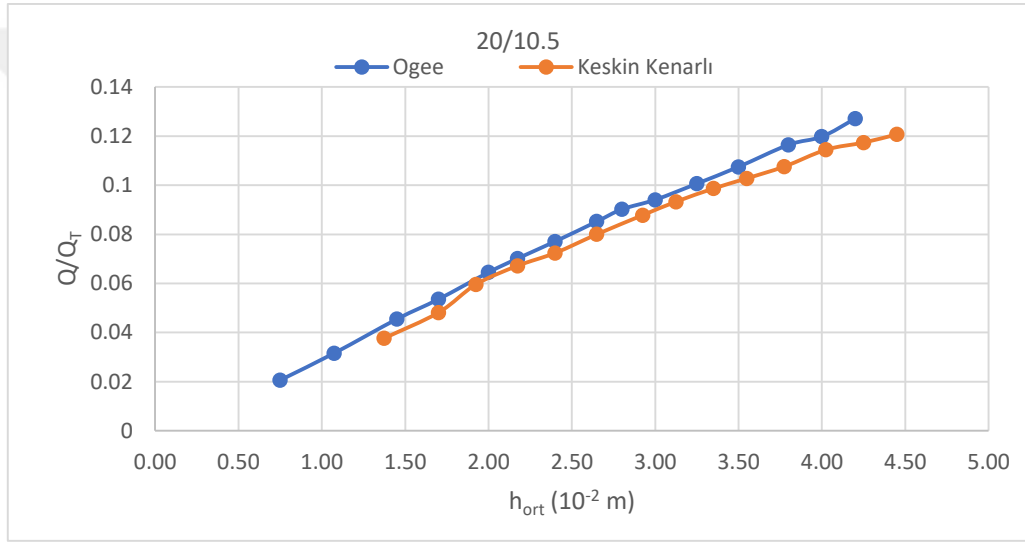
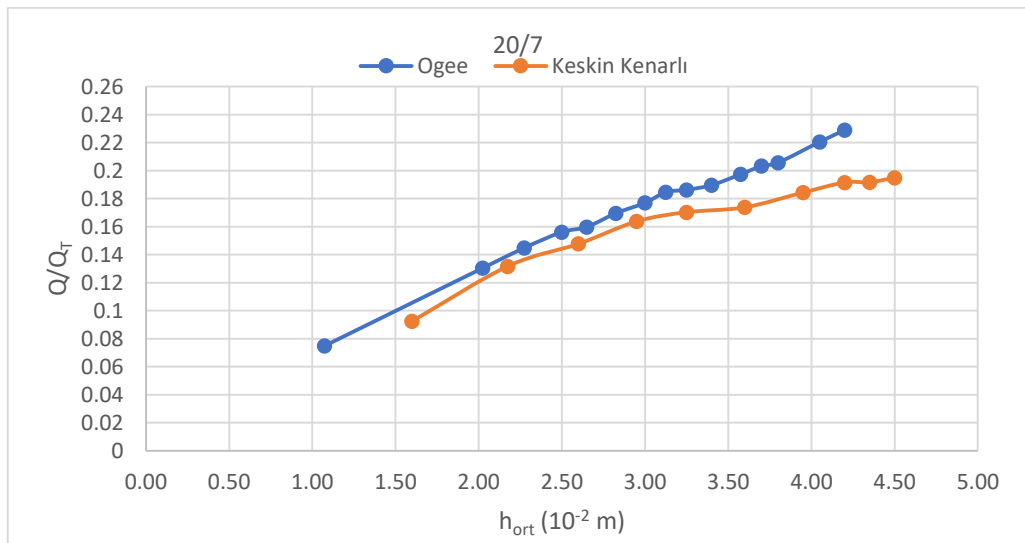


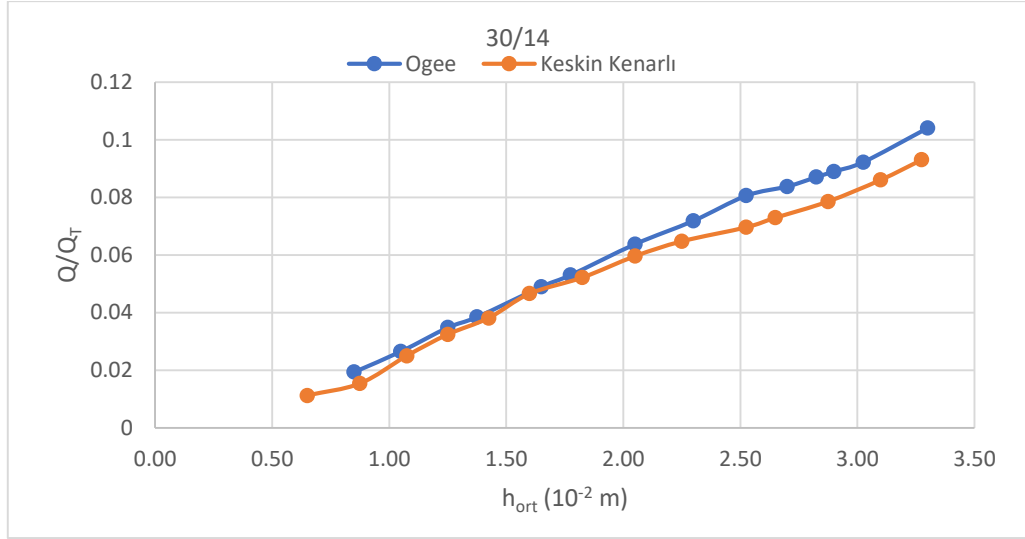
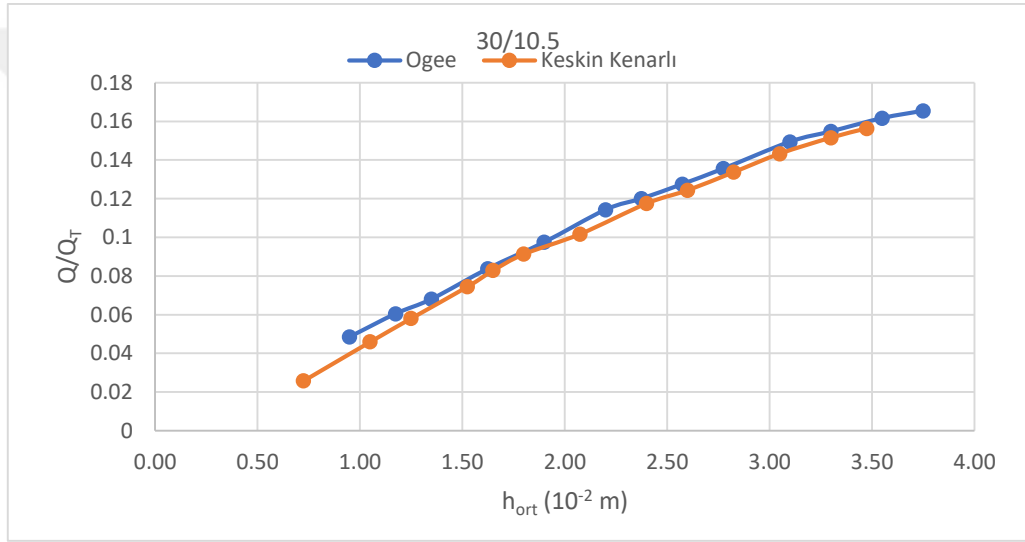
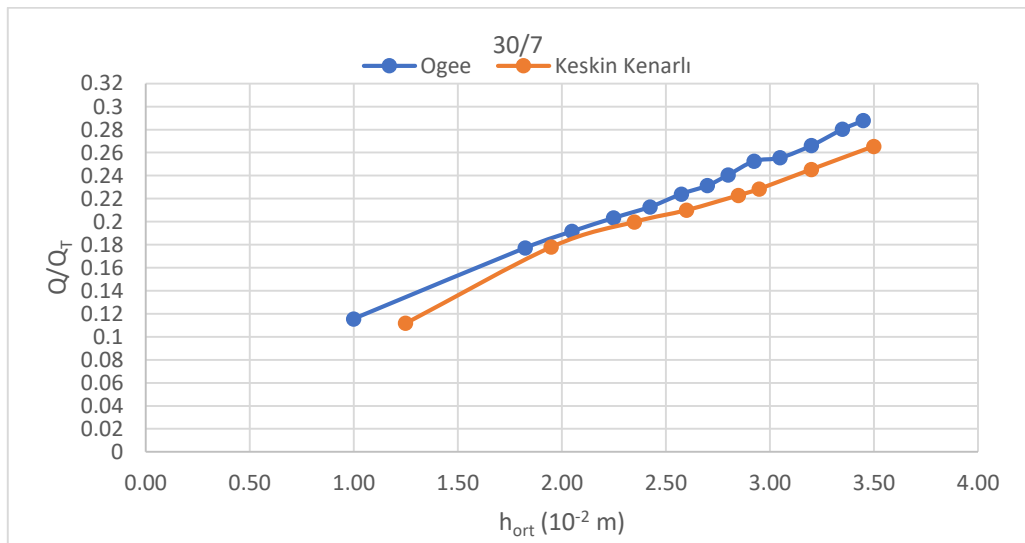
Şekil 4.1. Ogee tipi yan savaklar

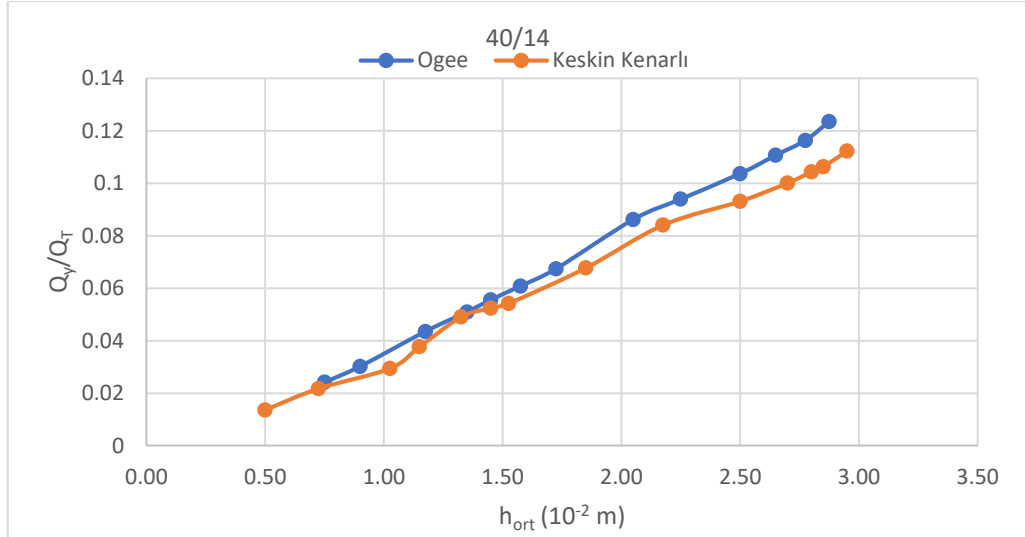
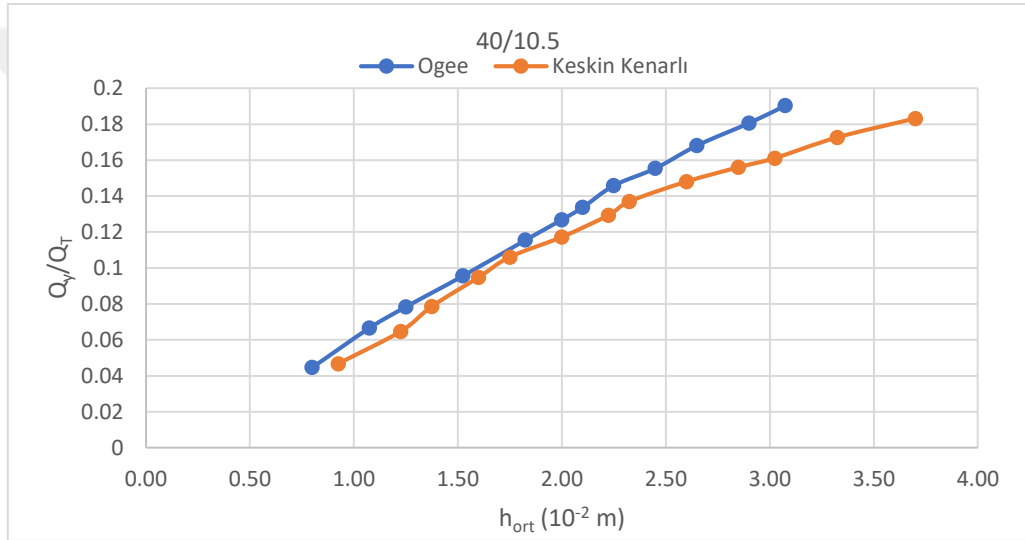
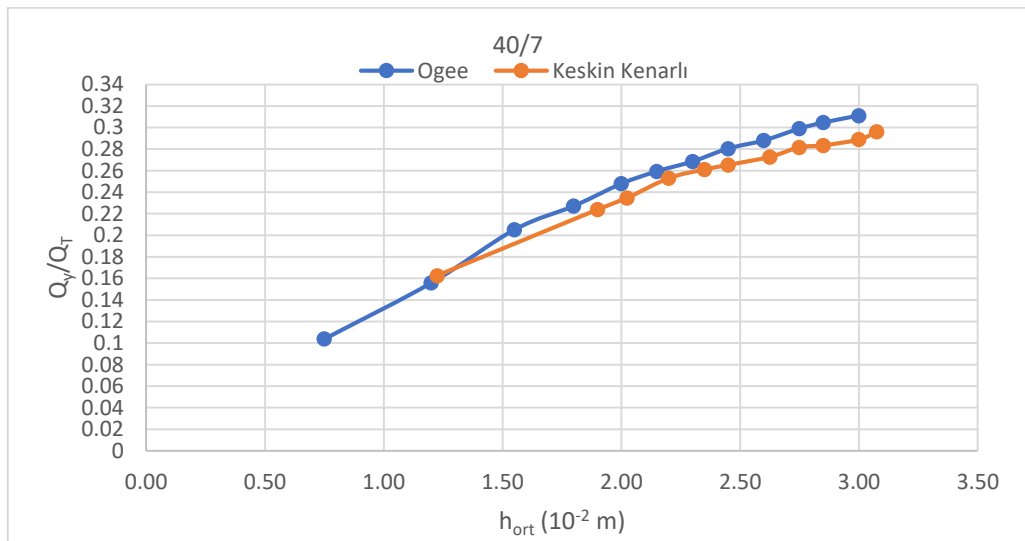


Şekil 4.2. Yan kanaldaki suyun toplanması

Yapılan deneyler sırasında farklı savak genişlikleri b (cm) ve farklı savak yükseklikleri P (cm) için toplam debi Q_T (m^3/s), ana kanaldaki suyun hızı V_1 (m/s), ana kanaldaki su seviyesi y_1 (m), yan savakların memba ve mansap kesimlerinde savak yükleri h_1 (m) h_2 (m) ve savaklanan suyun debisi Q (m^3/s) ölçülmüştür. Deneylere ait sonuç tabloları Ek1. de verilmiştir. Ogee tipi yan savakların performanslarını değerlendirebilmek adına ortalama savak yüklerine bağlı olarak Q/Q_T değerlerine ait karşılaştırma grafikleri Şekil 4.3., Şekil 4.4. ve Şekil 4.5. de sunulmuştur.

**a****b****c****Şekil 4.3.** 20 cm genişlikteki savakların karşılaştırılması**a)** 14 cm savak yüksekliği **b)** 10.5 cm savak yüksekliği **c)** 7 cm savak yüksekliği

**a****b****c****Şekil 4.4.** 30 cm genişlikteki savakların karşılaştırılması**a)** 14 cm savak yüksekliği **b)** 10.5 cm savak yüksekliği **c)** 7 cm savak yüksekliği

**a****b****c****Şekil 4.5.** 40 cm genişlikteki savakların karşılaştırılması

a) 14 cm savak yüksekliği **b)** 10.5 cm savak yüksekliği **c)** 7 cm savak yüksekliği

Elde edilen grafiklerden her iki tip savak için de savaklanan suların birbirleri ile uyumlu olduğu ancak Ogee tipi savakların keskin kenarlı savaklara göre bir miktar daha iyi su savakladığı görülmüştür. Birbirine yakın olan h_{ort} değerlerine karşılık gelen Q/Q_T değerleri dikkate alındığında Ogee tipi savakların %9,85 kadar daha fazla su savakladığı hesaplanmıştır. Ogee tipi savakların keskin kenarlı savaklara göre daha iyi su savaklamasının nedeni Ogee profilinin savak üzerinden geçen suyun akış profilene uygun olarak şekillendirmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

4.2. Savak Katsayısının Belirlenmesi

Denklem 3.7 de verilen yan savak için debi formülündeki savak katsayısı Ogee tipi yan savak için belirlenmiştir. Bunun için boyut analizi yapılarak savak katsayısını etkileyebilecek boyutsuz parametreler belirlenmiş, belirlenen boyutsuz parametreler ile en küçük kareler metodu kullanılarak savak katsayısı için bir denklem elde edilmiştir.

4.2.1. Boyut Analizi

Savak katsayısını etkileyebilecek değişkenler Denklem 4.1 de verilmiştir.

$$C = (b, P, B, V_1, y_1, \rho, g, S_0) \quad (4.1)$$

Tekrarlanan değişkenler olarak ρ , g ve y_1 seçilmiştir.

Buna göre π_1 terimi;

$$\pi_1 = b \cdot y_1^{a_1} \cdot \rho^{b_1} \cdot g^{c_1} = M^0 \cdot L^0 \cdot T^0$$

$$\pi_1 = L \cdot L^{a_1} \cdot \left(\frac{M}{L^3}\right)^{b_1} \cdot \left(\frac{L}{T^2}\right)^{c_1} = M^0 \cdot L^0 \cdot T^0$$

$$L^{1+a_1-3b_1+c_1} = 0$$

$$M^{b_1} = 0$$

$$T^{-2c_1} = 0$$

Buradan $a_1 = -1$ $b_1=0$ ve $c_1 = 0$ elde edilerek

$$\pi_1 = \frac{b}{y_1} \text{ bulunmuştur.}$$

Benzer şekilde diğer π terimleri de

$$\pi_2 = \frac{P}{y_1}$$

$$\pi_3 = \frac{B}{y_1}$$

$$\pi_4 = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot y_1}} = Fr_1$$

$Fr_1 = y_1$ kesitindeki Froude Sayısı

$\pi_5 = S_0$ olarak belirlenmiştir.

Burada π_3 terimi düzenlenerek;

$$\pi_3 = \frac{\pi_1}{\pi_3} = \frac{\frac{b}{y_1}}{\frac{B}{y_1}} = \frac{b}{B} \text{ olacak şekilde yenilenmiştir.}$$

Borghei vd., (1999), kanal eğimi S_0 kritik altı akımlarda göz ardı edilebileceğini belirtmişlerdir.

Boyut analizi sonucu Savak katsayısı için elde edilen boyutsuz parametreler

$$C = \left(\frac{b}{y_1}, \frac{P}{y_1}, \frac{b}{B}, \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot y_1}} = Fr_1 \right) \quad (4.2)$$

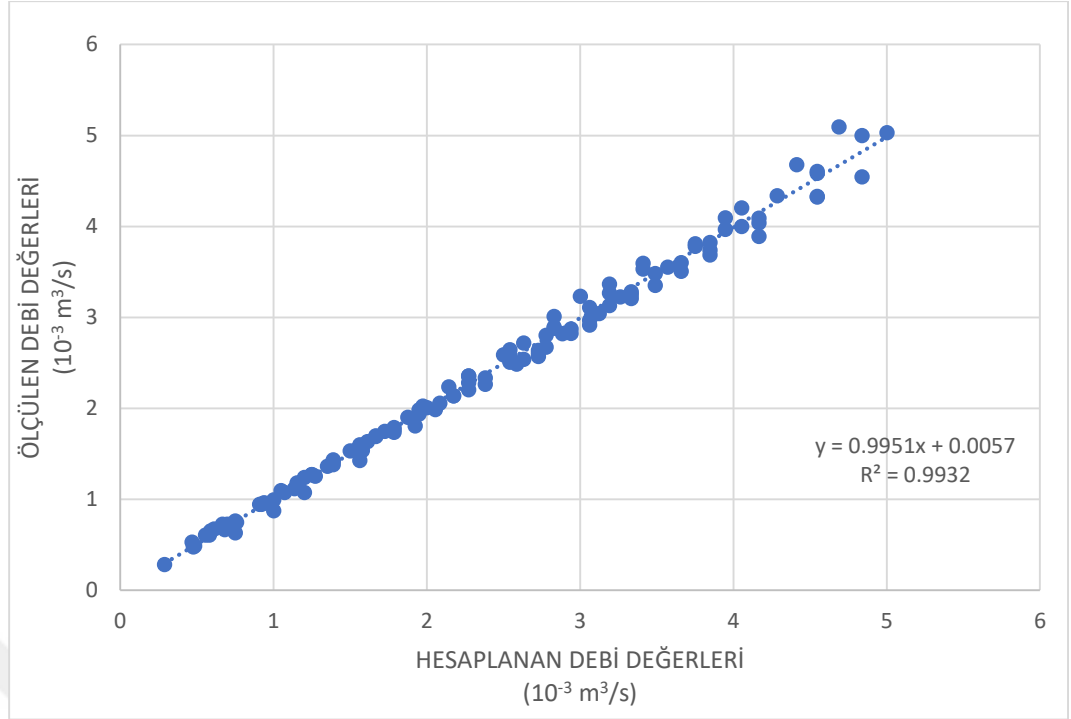
elde edilmiştir.

Ek 2 de tablo olarak değerleri verilen boyutsuz parametreler kullanılarak en küçük kareler metodu ile Ogee tipi savak için savak katsayısı denklemi;

$$C = 0,84 \left(\frac{b}{y_1} \right)^{0,092} \left(\frac{P}{y_1} \right)^{0,034} \left(\frac{b}{B} \right)^{0,031} (Fr_1)^{0,188} \quad (4.3)$$

elde edilmiştir.

Elde edilen Denklem (4.3) ile savak katsayısı hesaplanarak ve Denklem (3.7) kullanılarak Ogee tipi savaklar için debiler yeniden hesaplanmış ve ölçülen debilerle tutarlılığı Şekil 4.6. da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Hesaplanan ve ölçülen debilerin karşılaştırılması

Şekil 4.6'dan da görüleceği üzere elde edilen savak katsayısı formülü sonucunda hesaplanan debiler ile ölçüm sonucu elde edilen debiler arasında oldukça güçlü bir tutarlılık olduğu gözlenmiştir ve R^2 değeri 0,9932 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte Root Mean Squared Error (RMSE) değeri $0,102 \times 10^{-3}$ olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Yapılan bu tez çalışmasında Ogee tipi yan savakların kapasitesi deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla farklı savak genişliği ve farklı savak yüksekliklerine sahip Ogee tipi savaklar üzerinde ölçümler yapılmış, aynı genişlik ve yüksekliklere sahip keskin kenarlı savaklara ait ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda savak üzerinden geçen suyun profiline uygun olması nedeniyle Ogee tipi savakların keskin kenarlı savaklara göre daha iyi savak kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca Ogee tipi savaklar için bir savak katsayısı denklemi elde edilmiş, elde edilen savak katsayısı denklemi ile debiler yeniden hesaplanarak ölçüm sonuçları ile kıyaslanmıştır. Yapılan kıyas sonucunda hesaplanan ve ölçülen değerler arasında oldukça iyi bir tutarlılık olduğu görülmüş ve R^2 değeri 0,9932 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte Root Mean Squared Error (RMSE) değeri $0,102 \times 10^{-3}$ olarak hesaplanmıştır.

5.2 Öneriler

Yapılan bu deneysel tez çalışması sonucunda;

Özellikle kapasitesi sınırlı olan ana kanallar üzerinde Ogee tipi yan savakların, daha iyi bir savaklama kapasitesine sahip olması nedeniyle tercih edilebileceği,

Stabilitesi düşük yan kanallarda, akış şartlarına daha uygun olduğu için oyulma gibi problemlerin önüne geçebilmek adına Ogee tipi yan savakların kullanılabileceği,

Ayrıca çalışmayı daha kapsamlı bir hale getirebilmek adına sayısal model oluşturularak araştırmanın daha detaylı bir hale getirilebileceği,

Farklı metotlar kullanılarak savak katsayısının belirlenebileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aghayari, F., Honar, T., Keshavarzi, A. 2009. "A study of spatial variation of discharge coefficient in broad-crested inclined side weirs". *Irrigation and Drainage*, 58(2), 246-254.
- Aydin, M. C. 2016. "New Approach for Estimation of Rectangular Side Weirs Discharge in Subcritical Flow". *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(5).
- Aydin, M. C., Öztürk, M., Yücel, A. 2015. "Experimental and numerical investigation of self-priming siphon side weir on a straight open channel". *Flow Measurement and Instrumentation*, 45, 140-150.
- Borghei, S. M., Jalili, M. R., Ghodsian, M. 1999. "Discharge Coefficient for Sharp-Crested Side Weir in Subcritical Flow". *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(10), 1051-1056.
- Choi W. ve Kim M. H., 2000, *Free-Surface Fluid Flow over Spillway*, 4th International Conference Hydro-Science and Engineering, Seoul.
- Coşar, A., Agaccioglu, H. 2004. "Discharge Coefficient of a Triangular Side-Weir Located on a Curved Channel". *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 130(5), 410-423.
- Çeçen, K. 1973. "*Hidrolik 1 ve 2*", İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi.
- De Marchi. 1934. "Essay on the performance of lateral weirs". *L'Energia Electrica*, 11(11), 849-860.
- Dursun, O. F., Kaya, N., Firat, M. 2012. "Estimating discharge coefficient of semi-elliptical side weir using ANFIS". *Journal of Hydrology*, 426-427, 55-62.
- Emiroglu, M. E., Agaccioglu, H., Kaya, N. 2011. "Discharging capacity of rectangular side weirs in straight open channels". *Flow Measurement and Instrumentation*, 22(4), 319-330.
- Emiroglu, M. E., Kaya, N., Agaccioglu, H. 2010. "Discharge Capacity of Labyrinth Side Weir Located on a Straight Channel". *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 136(1), 37-46.
- Haghshenas, V., Vatankhah, A. R. 2021. "Discharge equation of semi-circular side weirs: An experimental study". *Flow Measurement and Instrumentation*, 81, 102041.
- Herrera-Granados, O., & Kostecki, S. W., 2016, Numerical and physical modeling of water flow over the ogee weir of the new Niedów barrage, *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 64 (1), 67-74.

- Honar, T., Keshavarzi, A. 2009. "Effect of rounded-edge entrance on discharge coefficient of side weir in rectangular channels". *Irrigation and Drainage*, 58(4), 482-491.
- Kandaswamy, P. K., Rouse, H. 1957. "Characteristics of Flow over Terminal Weirs and Sills". *Journal of the Hydraulics Division*, 83(4), 1345-1.
- Karimi, M., Jalili Ghazizadeh, M., Saneie, M., Attari, J. 2019. "Flow characteristics over asymmetric triangular labyrinth side weirs". *Flow Measurement and Instrumentation*, 68, 101574.
- Kartal, V., Emin Emiroglu, M. 2024. "Numerical simulation of the flow passing through the side weir-gate". *Flow Measurement and Instrumentation*, 95, 102519.
- Kartal, V., Emiroglu, M. E. 2022. "Experimental analysis of combined side weir-gate located on a straight channel". *Flow Measurement and Instrumentation*, 88, 102250.
- Khorchani, M., Blanpain, O. 2004. "Free surface measurement of flow over side weirs using the video monitoring concept". *Flow Measurement and Instrumentation*, 15(2), 111-117.
- Maranzoni, A., Pilotti, M., Tomirotti, M. 2017. "Experimental and Numerical Analysis of Side Weir Flows in a Converging Channel". *Journal of Hydraulic Engineering*, 143(7), 04017009.
- Michelazzo, G. 2015. "New Analytical Formulation of De Marchi's Model for a Zero-Height Side Weir". *Journal of Hydraulic Engineering*, 141(12), 04015030.
- Paris, E., Solari, L., Bechi, G. 2012. "Applicability of the De Marchi Hypothesis for Side Weir Flow in the Case of Movable Beds". *Journal of Hydraulic Engineering*, 138(7), 653-656.
- Říha, J., Zachoval, Z. 2014. "Discharge Coefficient of a Trapezoidal Broad-Crested Side Weir for Low Approach Froude Numbers". *Journal of Hydraulic Engineering*, 140(8), 06014013.
- Saffar, S., Babarsad, M. S., Shooshtari, M. M., Hosein poormohammadi, M., Riazi, R. 2021. "Prediction of the discharge of side weir in the converge channels using artificial neural networks". *Flow Measurement and Instrumentation*, 78, 101889.
- Salmasi, F., Abraham, J. 2022. "Discharge coefficients for ogee spillways". *Water Supply*, 22(5), 5376-5392.
- U.S. Department of The Interior Bureau of Reclamation, 1987, *Design of Small Dams, USBR A Water Resources Technical Publication*, Washington DC, 365-375.
- Vatankhah, A. R. 2012. "Analytical solution for water surface profile along a side weir in a triangular channel". *Flow Measurement and Instrumentation*, 23(1), 76-79.

- Wang, Y., Lv, M., Wang, W., Meng, M. 2024. "Discharge Formula and Hydraulics of Rectangular Side Weirs in the Small Channel and Field Inlet". *Water* 2024, Vol. 16, Page 713, 16(5), 713.
- Wang, Y., Wang, W., Hu, X., Liu, F. 2018. "Experimental and numerical research on trapezoidal sharp-crested side weirs". *Flow Measurement and Instrumentation*, 64, 83-89.
- Zahiri, A., Azamathulla, H. M., Bagheri, S. 2013. "Discharge coefficient for compound sharp crested side weirs in subcritical flow conditions". *Journal of Hydrology*, 480, 162-166.



EKLER

EK-1 Deneysel Ölçüm Sonuçları

Savak Genişliği/ Savak Yüksekliği	Keskin Kenarlı								Ogee							
	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)
20/14	1	0,154	0,013	0,013	0,013	26,300	0,526	0,595	1	0,154	0,013	0,014	0,013	26,250	0,588	0,600
	2	0,156	0,013	0,017	0,015	27,400	0,667	0,609	2	0,158	0,013	0,016	0,014	27,350	0,698	0,610
	3	0,158	0,014	0,018	0,016	28,560	0,789	0,630	3	0,160	0,016	0,018	0,017	28,350	0,920	0,615
	4	0,160	0,015	0,019	0,017	29,560	0,938	0,638	4	0,162	0,017	0,020	0,019	29,600	1,071	0,625
	5	0,162	0,016	0,025	0,021	30,600	1,111	0,647	5	0,164	0,018	0,024	0,021	30,540	1,250	0,629
	6	0,164	0,018	0,027	0,022	31,540	1,250	0,657	6	0,166	0,019	0,025	0,022	31,670	1,351	0,631
	7	0,166	0,026	0,025	0,026	32,830	1,471	0,665	7	0,168	0,023	0,025	0,024	32,740	1,550	0,646
	8	0,168	0,027	0,029	0,028	33,900	1,667	0,674	8	0,170	0,025	0,027	0,026	33,710	1,786	0,666
	9	0,170	0,028	0,029	0,028	34,930	1,765	0,689	9	0,172	0,027	0,030	0,028	34,840	2,000	0,686
	10	0,172	0,030	0,029	0,030	35,910	1,875	0,705	10	0,174	0,029	0,030	0,029	35,940	2,174	0,686
	11	0,174	0,035	0,034	0,034	37,070	2,239	0,713	11	0,176	0,033	0,033	0,033	36,950	2,542	0,705
									12	0,178	0,034	0,035	0,034	38,010	2,778	0,701
									13	0,180	0,034	0,037	0,035	39,020	2,941	0,711

EK-1 Deneysel Ölçüm Sonuçları (Devam)

	Keskin Kenarlı								Ogee							
Savak Genişliği/ Savak Yüksekliği	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)
20/10,5	1	0,114	0,012	0,016	0,014	15,240	0,575	0,466	1	0,112	0,007	0,008	0,008	14,000	0,288	0,442
	2	0,118	0,015	0,019	0,017	16,400	0,789	0,480	2	0,114	0,009	0,013	0,011	15,300	0,484	0,460
	3	0,120	0,018	0,021	0,019	17,470	1,042	0,507	3	0,118	0,012	0,017	0,015	16,500	0,750	0,482
	4	0,124	0,019	0,025	0,022	18,600	1,250	0,527	4	0,122	0,014	0,020	0,017	17,500	0,938	0,496
	5	0,127	0,020	0,028	0,024	19,730	1,429	0,554	5	0,124	0,017	0,023	0,020	18,600	1,200	0,529
	6	0,130	0,024	0,029	0,027	20,830	1,667	0,576	6	0,126	0,021	0,023	0,022	19,790	1,389	0,557
	7	0,134	0,028	0,031	0,029	21,900	1,923	0,590	7	0,130	0,021	0,027	0,024	20,920	1,613	0,570
	8	0,137	0,028	0,035	0,031	22,970	2,143	0,600	8	0,132	0,024	0,029	0,027	22,000	1,875	0,589
	9	0,139	0,031	0,036	0,034	24,130	2,381	0,621	9	0,138	0,025	0,031	0,028	23,100	2,083	0,604
	10	0,143	0,031	0,040	0,036	25,160	2,586	0,636	10	0,140	0,028	0,033	0,030	24,160	2,273	0,615
	11	0,144	0,035	0,041	0,038	26,300	2,830	0,643	11	0,142	0,029	0,037	0,033	25,260	2,542	0,630
	12	0,146	0,038	0,043	0,040	27,300	3,125	0,670	12	0,144	0,033	0,037	0,035	26,330	2,830	0,645
	13	0,150	0,040	0,045	0,043	28,400	3,333	0,679	13	0,146	0,037	0,039	0,038	27,400	3,191	0,666
	14	0,154	0,043	0,046	0,045	29,590	3,571	0,689	14	0,150	0,039	0,041	0,040	28,460	3,409	0,688
									15	0,154	0,041	0,043	0,042	29,500	3,750	0,692

EK-1 Deneysel Ölçüm Sonuçları (Devam)

	Keskin Kenarlı								Ogee							
Savak Genişliği/ Savak Yüksekliği	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)
20/7	1	0,082	0,015	0,017	0,016	7,300	0,676	0,000	1	0,080	0,010	0,012	0,011	6,350	0,476	0,270
	2	0,090	0,020	0,024	0,022	9,490	1,250	0,000	2	0,088	0,019	0,022	0,020	9,580	1,250	0,369
	3	0,094	0,024	0,028	0,026	11,280	1,667	0,446	3	0,092	0,021	0,025	0,023	10,350	1,500	0,410
	4	0,100	0,026	0,033	0,030	12,720	2,083	0,470	4	0,096	0,023	0,028	0,025	11,440	1,786	0,431
	5	0,102	0,030	0,035	0,033	13,980	2,381	0,488	5	0,097	0,024	0,029	0,027	12,190	1,948	0,452
	6	0,106	0,032	0,040	0,036	15,140	2,632	0,513	6	0,098	0,026	0,031	0,028	12,820	2,174	0,463
	7	0,108	0,037	0,042	0,040	16,270	3,000	0,525	7	0,100	0,027	0,033	0,030	13,450	2,381	0,469
	8	0,110	0,039	0,045	0,042	17,400	3,333	0,545	8	0,102	0,028	0,035	0,031	14,010	2,586	0,485
	9	0,116	0,040	0,047	0,044	18,630	3,571	0,557	9	0,103	0,029	0,036	0,033	14,640	2,727	0,493
	10	0,118	0,041	0,049	0,045	19,730	3,846	0,598	10	0,105	0,030	0,038	0,034	15,210	2,885	0,503
									11	0,106	0,032	0,040	0,036	15,830	3,125	0,509
									12	0,108	0,033	0,041	0,037	16,400	3,333	0,523
									13	0,109	0,034	0,042	0,038	16,960	3,488	0,539
									14	0,110	0,037	0,044	0,041	17,440	3,846	0,545
									15	0,112	0,038	0,046	0,042	18,200	4,167	0,554

EK-1 Deneysel Ölçüm Sonuçları (Devam)

	Keskin Kenarlı								Ogee							
Savak Genişliği/ Savak Yüksekliği	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)
30/14	1	0,148	0,005	0,008	0,007	23,660	0,266	0,556	1	0,148	0,009	0,009	0,009	24,100	0,467	0,569
	2	0,150	0,008	0,010	0,009	24,650	0,380	0,569	2	0,150	0,010	0,011	0,011	25,100	0,667	0,586
	3	0,152	0,009	0,013	0,011	25,750	0,644	0,574	3	0,152	0,011	0,014	0,013	26,100	0,909	0,595
	4	0,153	0,011	0,014	0,013	26,890	0,872	0,593	4	0,154	0,011	0,017	0,014	27,250	1,049	0,620
	5	0,154	0,012	0,017	0,014	27,900	1,064	0,621	5	0,158	0,013	0,020	0,017	28,340	1,389	0,629
	6	0,156	0,013	0,020	0,016	29,000	1,351	0,631	6	0,160	0,013	0,023	0,018	29,440	1,563	0,637
	7	0,160	0,014	0,023	0,018	29,940	1,563	0,644	7	0,162	0,014	0,027	0,021	30,540	1,948	0,642
	8	0,162	0,016	0,025	0,021	31,070	1,852	0,660	8	0,164	0,017	0,029	0,023	31,600	2,273	0,653
	9	0,163	0,018	0,028	0,023	32,170	2,083	0,675	9	0,166	0,021	0,030	0,025	32,640	2,632	0,673
	10	0,164	0,022	0,029	0,025	33,140	2,308	0,689	10	0,168	0,023	0,031	0,027	33,770	2,830	0,689
	11	0,165	0,023	0,030	0,027	34,270	2,500	0,702	11	0,170	0,025	0,032	0,028	34,450	3,000	0,708
	12	0,168	0,024	0,034	0,029	35,340	2,778	0,718	12	0,170	0,026	0,032	0,029	35,840	3,191	0,711
	13	0,172	0,026	0,036	0,031	36,290	3,125	0,733	13	0,172	0,027	0,034	0,030	36,950	3,409	0,731
	14	0,174	0,029	0,037	0,033	37,480	3,488	0,749	14	0,174	0,027	0,039	0,033	37,920	3,947	0,743

EK-1 Deneysel Ölçüm Sonuçları (Devam)

	Keskin Kenarlı								Ogee							
Savak Genişliği/ Savak Yüksekliği	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)
30/10,5	1	0,110	0,006	0,009	0,007	13,350	0,345	0,430	1	0,114	0,008	0,011	0,010	15,080	0,732	0,469
	2	0,112	0,009	0,013	0,011	14,700	0,676	0,459	2	0,116	0,010	0,014	0,012	16,200	0,980	0,494
	3	0,114	0,011	0,014	0,013	15,650	0,909	0,478	3	0,118	0,012	0,015	0,014	17,350	1,181	0,504
	4	0,116	0,013	0,018	0,015	16,780	1,250	0,497	4	0,120	0,016	0,017	0,016	18,450	1,546	0,524
	5	0,120	0,014	0,019	0,017	18,100	1,500	0,524	5	0,124	0,017	0,022	0,019	19,730	1,923	0,553
	6	0,122	0,015	0,021	0,018	19,100	1,744	0,551	6	0,126	0,018	0,026	0,022	20,830	2,381	0,583
	7	0,124	0,018	0,024	0,021	20,200	2,055	0,582	7	0,130	0,020	0,028	0,024	21,930	2,632	0,603
	8	0,128	0,020	0,028	0,024	21,270	2,500	0,605	8	0,132	0,023	0,029	0,026	23,060	2,941	0,622
	9	0,130	0,022	0,030	0,026	22,340	2,778	0,610	9	0,134	0,024	0,032	0,028	24,060	3,261	0,644
	10	0,132	0,024	0,033	0,028	23,370	3,125	0,633	10	0,136	0,026	0,036	0,031	25,100	3,750	0,658
	11	0,134	0,025	0,036	0,031	24,350	3,488	0,645	11	0,138	0,029	0,037	0,033	26,200	4,054	0,684
	12	0,136	0,027	0,039	0,033	25,380	3,846	0,663	12	0,140	0,030	0,041	0,036	27,300	4,412	0,689
	13	0,140	0,029	0,041	0,035	26,650	4,167	0,690	13	0,142	0,033	0,043	0,038	28,340	4,688	0,710

EK-1 Deneysel Ölçüm Sonuçları (Devam)

	Keskin Kenarlı								Ogee							
Savak Genişliği/ Savak Yüksekliği	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)
30/7	1	0,078	0,012	0,013	0,013	7,450	0,833	0,285	1	0,078	0,009	0,011	0,010	5,900	0,682	0,284
	2	0,088	0,017	0,022	0,020	9,360	1,667	0,410	2	0,088	0,016	0,021	0,018	9,400	1,667	0,386
	3	0,092	0,020	0,027	0,024	11,370	2,273	0,412	3	0,090	0,018	0,023	0,021	10,300	1,974	0,410
	4	0,095	0,022	0,030	0,026	12,530	2,632	0,487	4	0,092	0,019	0,026	0,023	11,180	2,273	0,447
	5	0,098	0,025	0,032	0,029	13,730	3,061	0,495	5	0,094	0,021	0,028	0,024	11,940	2,542	0,468
	6	0,100	0,026	0,033	0,030	14,920	3,409	0,530	6	0,096	0,023	0,029	0,026	12,630	2,830	0,480
	7	0,104	0,028	0,036	0,032	16,080	3,947	0,539	7	0,098	0,024	0,030	0,027	13,230	3,061	0,492
	8	0,110	0,030	0,040	0,035	17,120	4,545	0,542	8	0,100	0,025	0,031	0,028	13,850	3,333	0,502
									9	0,101	0,027	0,032	0,029	14,480	3,659	0,511
									10	0,102	0,028	0,033	0,031	15,050	3,846	0,520
									11	0,103	0,029	0,035	0,032	15,650	4,167	0,542
									12	0,104	0,030	0,037	0,034	16,210	4,545	0,550
									13	0,105	0,031	0,038	0,035	16,810	4,839	0,570

EK-1 Deneysel Ölçüm Sonuçları (Devam)

Savak Genişliği/ Savak Yüksekliği	Keskin Kenarlı								Ogee							
	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)
40/14	1	0,144	0,003	0,007	0,005	23,400	0,319	0,574	1	0,144	0,007	0,009	0,008	24,060	0,581	0,560
	2	0,148	0,006	0,009	0,007	24,440	0,532	0,582	2	0,148	0,008	0,010	0,009	25,060	0,758	0,572
	3	0,150	0,008	0,013	0,010	25,510	0,750	0,596	3	0,150	0,010	0,014	0,012	26,100	1,136	0,585
	4	0,152	0,009	0,014	0,012	26,520	1,000	0,614	4	0,154	0,012	0,015	0,014	27,240	1,389	0,621
	5	0,154	0,011	0,016	0,013	27,550	1,351	0,626	5	0,156	0,013	0,016	0,015	28,400	1,579	0,628
	6	0,156	0,012	0,017	0,015	28,620	1,500	0,642	6	0,158	0,014	0,018	0,016	29,350	1,786	0,632
	7	0,158	0,012	0,019	0,015	29,750	1,613	0,651	7	0,160	0,015	0,020	0,017	30,470	2,055	0,636
	8	0,159	0,017	0,020	0,019	30,760	2,083	0,667	8	0,162	0,018	0,023	0,021	31,640	2,727	0,645
	9	0,160	0,020	0,024	0,022	31,860	2,679	0,682	9	0,164	0,020	0,025	0,023	32,580	3,061	0,668
	10	0,162	0,022	0,028	0,025	32,860	3,061	0,682	10	0,166	0,022	0,028	0,025	33,650	3,488	0,682
	11	0,164	0,024	0,030	0,027	34,050	3,409	0,713	11	0,168	0,023	0,030	0,027	34,750	3,846	0,717
	12	0,166	0,025	0,031	0,028	35,060	3,659	0,711	12	0,170	0,024	0,032	0,028	35,810	4,167	0,720
	13	0,168	0,025	0,032	0,029	36,160	3,846	0,720	13	0,171	0,025	0,033	0,029	36,790	4,545	0,735
	14	0,170	0,025	0,034	0,030	37,100	4,167	0,739								

EK-1 Deneysel Ölçüm Sonuçları (Devam)

Savak Genişliği/ Savak Yüksekliği	Keskin Kenarlı								Ogee							
	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)
40/10,5	1	0,114	0,008	0,011	0,009	14,260	0,667	0,455	1	0,110	0,006	0,010	0,008	13,700	0,612	0,428
	2	0,115	0,011	0,014	0,012	15,460	1,000	0,480	2	0,112	0,010	0,012	0,011	15,000	1,000	0,456
	3	0,116	0,012	0,016	0,014	16,590	1,300	0,494	3	0,114	0,011	0,014	0,013	16,210	1,271	0,481
	4	0,120	0,013	0,020	0,016	17,780	1,690	0,508	4	0,116	0,013	0,018	0,015	17,420	1,667	0,505
	5	0,123	0,015	0,020	0,018	18,850	2,000	0,535	5	0,118	0,015	0,022	0,018	18,540	2,143	0,534
	6	0,125	0,019	0,022	0,020	20,000	2,340	0,575	6	0,120	0,017	0,024	0,020	19,700	2,500	0,572
	7	0,128	0,019	0,026	0,022	21,080	2,730	0,595	7	0,122	0,018	0,025	0,021	20,770	2,778	0,602
	8	0,128	0,020	0,027	0,023	21,900	3,000	0,617	8	0,124	0,019	0,026	0,023	21,870	3,191	0,640
	9	0,130	0,022	0,030	0,026	23,030	3,409	0,629	9	0,126	0,019	0,030	0,025	22,970	3,571	0,646
	10	0,132	0,026	0,031	0,029	24,040	3,750	0,655	10	0,128	0,023	0,030	0,027	24,100	4,054	0,662
	11	0,134	0,027	0,034	0,030	25,160	4,054	0,689	11	0,130	0,025	0,033	0,029	25,160	4,545	0,697
	12	0,136	0,032	0,035	0,033	26,330	4,545	0,704	12	0,132	0,027	0,035	0,031	26,260	5,000	0,710
	13	0,138	0,032	0,042	0,037	27,300	5,000	0,718								

EK-1 Deneysel Ölçüm Sonuçları (Devam)

	Keskin Kenarlı								Ogee							
Savak Genişliği/ Savak Yüksekliği	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)	Ölçüm No	y ₁ (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	h _{ort} (m)	Q _T (10 ⁻³ m ³ /s)	Q _y (10 ⁻³ m ³ /s)	V ₁ (m/s)
40/7	1	0,078	0,011	0,014	0,012	6,410	1,042	0,302	1	0,074	0,007	0,008	0,008	5,350	0,556	0,255
	2	0,086	0,015	0,023	0,019	9,710	2,174	0,393	2	0,080	0,010	0,014	0,012	7,400	1,154	0,322
	3	0,088	0,017	0,024	0,020	10,650	2,500	0,418	3	0,084	0,013	0,018	0,016	8,400	1,724	0,355
	4	0,090	0,020	0,025	0,022	11,400	2,885	0,440	4	0,088	0,016	0,020	0,018	10,000	2,273	0,394
	5	0,092	0,020	0,027	0,024	12,220	3,191	0,467	5	0,090	0,017	0,023	0,020	11,000	2,727	0,424
	6	0,093	0,021	0,028	0,025	12,850	3,409	0,495	6	0,092	0,019	0,024	0,022	11,800	3,061	0,445
	7	0,094	0,023	0,030	0,026	13,410	3,659	0,496	7	0,094	0,020	0,026	0,023	12,410	3,333	0,475
	8	0,095	0,023	0,032	0,028	14,010	3,947	0,511	8	0,095	0,021	0,028	0,025	13,040	3,659	0,500
	9	0,096	0,024	0,033	0,029	14,700	4,167	0,525	9	0,096	0,023	0,029	0,026	13,700	3,947	0,528
	10	0,097	0,025	0,036	0,030	15,270	4,412	0,532	10	0,097	0,024	0,031	0,028	14,330	4,286	0,548
	11	0,098	0,026	0,036	0,031	15,830	4,688	0,568	11	0,098	0,025	0,032	0,029	14,920	4,545	0,559
									12	0,099	0,026	0,034	0,030	15,550	4,839	0,598

EK-2 En küçük Kareler Metodu İle Savak Katsayısının Belirlenmesinde Kullanılan Boyutsuz Parametreler

b/y₁	P/y₁	b/B	Fr₁	C
1,299	0,909	0,333	0,488	0,653
1,266	0,886	0,333	0,490	0,694
1,250	0,875	0,333	0,490	0,703
1,235	0,864	0,333	0,496	0,721
1,220	0,854	0,333	0,496	0,708
1,205	0,843	0,333	0,494	0,713
1,190	0,833	0,333	0,503	0,717
1,176	0,824	0,333	0,516	0,721
1,163	0,814	0,333	0,528	0,723
1,149	0,805	0,333	0,525	0,736
1,136	0,795	0,333	0,537	0,735
1,124	0,787	0,333	0,530	0,750
1,111	0,778	0,333	0,535	0,752
1,786	1,250	0,333	0,422	0,752
1,754	1,228	0,333	0,435	0,735
1,695	1,186	0,333	0,448	0,727
1,639	1,148	0,333	0,453	0,716
1,613	1,129	0,333	0,480	0,718
1,587	1,111	0,333	0,501	0,733

1,538	1,077	0,333	0,505	0,735
1,515	1,061	0,333	0,517	0,736
1,449	1,014	0,333	0,519	0,753
1,429	1,000	0,333	0,525	0,741
1,408	0,986	0,333	0,533	0,735
1,389	0,972	0,333	0,543	0,732
1,370	0,959	0,333	0,556	0,730

EK-2 En küçük Kareler Metodu İle Savak Katsayısının Belirlenmesinde Kullanılan Boyutsuz Parametreler (Devam)

b/y1	P/y1	b/B	Fr1	C
1,333	0,933	0,333	0,567	0,722
1,299	0,909	0,333	0,563	0,738
2,500	1,750	0,333	0,305	0,723
2,273	1,591	0,333	0,397	0,734
2,174	1,522	0,333	0,432	0,740
2,083	1,458	0,333	0,444	0,765
2,062	1,443	0,333	0,463	0,765
2,041	1,429	0,333	0,472	0,775
2,000	1,400	0,333	0,473	0,776
1,961	1,373	0,333	0,485	0,793
1,942	1,359	0,333	0,490	0,788
1,905	1,333	0,333	0,496	0,779
1,887	1,321	0,333	0,499	0,783
1,852	1,296	0,333	0,508	0,793
1,835	1,284	0,333	0,522	0,797
1,818	1,273	0,333	0,525	0,799
1,786	1,250	0,333	0,529	0,820
2,027	0,946	0,500	0,473	0,673
2,000	0,933	0,500	0,483	0,699
1,974	0,921	0,500	0,488	0,734

1,948	0,909	0,500	0,504	0,734
1,899	0,886	0,500	0,505	0,740
1,875	0,875	0,500	0,508	0,746
1,852	0,864	0,500	0,509	0,749
1,829	0,854	0,500	0,515	0,735
1,807	0,843	0,500	0,528	0,740
1,786	0,833	0,500	0,536	0,720
1,765	0,824	0,500	0,548	0,713

EK-2 En küçük Kareler Metodu İle Savak Katsayısının Belirlenmesinde Kullanılan Boyutsuz Parametreler (Devam)

b/y1	P/y1	b/B	Fr1	C
1,765	0,824	0,500	0,551	0,729
1,744	0,814	0,500	0,563	0,731
1,724	0,805	0,500	0,569	0,743
2,632	0,921	0,500	0,443	0,892
2,586	0,905	0,500	0,463	0,869
2,542	0,890	0,500	0,469	0,850
2,500	0,875	0,500	0,483	0,843
2,419	0,847	0,500	0,501	0,829
2,381	0,833	0,500	0,524	0,824
2,308	0,808	0,500	0,534	0,812
2,273	0,795	0,500	0,546	0,803
2,239	0,784	0,500	0,561	0,796
2,206	0,772	0,500	0,569	0,776
2,174	0,761	0,500	0,587	0,763
2,143	0,750	0,500	0,588	0,745
2,113	0,739	0,500	0,602	0,729
3,846	0,897	0,500	0,325	0,770
3,409	0,795	0,500	0,416	0,763
3,333	0,778	0,500	0,436	0,759
3,261	0,761	0,500	0,471	0,760

3,191	0,745	0,500	0,487	0,760
3,125	0,729	0,500	0,495	0,773
3,061	0,714	0,500	0,502	0,779
3,000	0,700	0,500	0,507	0,803
2,970	0,693	0,500	0,513	0,826
2,941	0,686	0,500	0,520	0,815
2,913	0,680	0,500	0,539	0,822
2,885	0,673	0,500	0,545	0,837

EK-2 En küçük Kareler Metodu İle Savak Katsayısının Belirlenmesinde Kullanılan Boyutsuz Parametreler (Devam)

b/y1	P/y1	b/B	Fr1	C
2,857	0,667	0,500	0,562	0,852
2,778	0,972	0,667	0,471	0,758
1,351	0,946	0,667	0,474	0,751
1,333	0,933	0,667	0,483	0,755
1,299	0,909	0,667	0,505	0,750
1,282	0,897	0,667	0,508	0,766
1,266	0,886	0,667	0,508	0,765
1,250	0,875	0,667	0,508	0,768
1,235	0,864	0,667	0,512	0,787
1,220	0,854	0,667	0,526	0,768
1,205	0,843	0,667	0,535	0,747
1,190	0,833	0,667	0,559	0,755
1,176	0,824	0,667	0,558	0,763
1,170	0,819	0,667	0,568	0,789
3,636	1,273	0,667	0,412	0,724
1,786	1,250	0,667	0,435	0,760
1,754	1,228	0,667	0,455	0,770
1,724	1,207	0,667	0,474	0,749
1,695	1,186	0,667	0,496	0,736
1,667	1,167	0,667	0,527	0,748

1,639	1,148	0,667	0,550	0,773
1,613	1,129	0,667	0,580	0,801
1,587	1,111	0,667	0,581	0,788
1,563	1,094	0,667	0,591	0,796
1,538	1,077	0,667	0,617	0,779
1,515	1,061	0,667	0,624	0,785
5,405	1,892	0,667	0,299	0,724
2,500	1,750	0,667	0,363	0,743

EK-2 En küçük Kareler Metodu İle Savak Katsayısının Belirlenmesinde Kullanılan Boyutsuz Parametreler (Devam)

b/y1	P/y1	b/B	Fr1	C
2,381	1,667	0,667	0,391	0,756
2,273	1,591	0,667	0,424	0,797
2,222	1,556	0,667	0,451	0,816
2,174	1,522	0,667	0,468	0,822
2,128	1,489	0,667	0,494	0,809
2,105	1,474	0,667	0,518	0,808
2,083	1,458	0,667	0,544	0,797
2,062	1,443	0,667	0,561	0,796
2,041	1,429	0,667	0,570	0,800
2,020	1,414	0,667	0,606	0,788